

令和元年度我が国循環産業の海外展開事業化促進業務
インドネシア国西ジャワ州における
産業系食品廃棄物のメタン発酵事業

報告書

令和2年3月

バイオエナジー株式会社

はじめに

当事業の目的は、インドネシアにおいて、食品工場等から排出される動植物性残渣（以下、産業系食品廃棄物）を受入れ、国営肥料製造会社 PUPUK INDONESIA 傘下の肥料工場 PUPUK KUJANG においてメタン発酵システムを導入し、発生するバイオガスと消化液を供給する事業の、実現可能性を調査するものである。

バイオガスについては、肥料製造工場の需要を鑑み、ガス／発電／熱のいずれかを供給し、副産物である消化液は、肥料工場が製造する有機肥料等の原料として供給することで活用することが可能である。

西ジャワ州チカンペックに位置する肥料製造工場から 30km 圏内の工業団地には、外資系、日系を含む食品工場が 25 社以上存在しており、100 トン/日の産業系食品廃棄物の収集は可能と考えられる。産業系食品廃棄物は、既存の回収業者より処理費を得て受け入れる。

バイオエナジーは 2003 年より東京都大田区の城南島工場にて、130 トン/日の有機廃棄物を受入可能なメタン発酵施設を運用し、ガス供給／発電事業を実施している。我が国における知見を活用して、インドネシアにおける事業展開を目指す。

食品廃棄物の収集については、既存の収集・回収業者と連携することで、日本のバイオエナジー城南島工場で受け入れる 100 トン/日の有機廃棄物と、ほぼ同種類の産業系食品廃棄物を回収することが可能であることが分かった。日本と同種類の廃棄物を対象とすることで、バイオガスと消化液について、日本と同様の発生量や成分となると想定される。

廃棄物処理費用については、メタン発酵事業のネット収入として 3 円/kg と想定される。メタンガスを主体とするバイオガスは 38 円/m³ にて、肥料工場のガス発電機の燃料としてに販売が可能である。消化液については、化学肥料を代替し、土壌を改良するものとしての効用は認められたが、インドネシアにおける基準に適合させる必要がある。

収集可能な産業系食品廃棄物の情報を元に、100 トン/日の有機廃棄物を受け入れ可能なプラントの処理フローを検討した。初期費用は 10 億円、ランニングコストは 4500 万円と想定される。消化液に関しては、バイオ肥料や有機肥料として活用するが、肥料工場における加工、包装、流通のコストを鑑み、無償（0 円）にて肥料工場に提供することとした。

初期費用、ランニングコストと、収入を勘案して、事業性を検討したところ、20 年間の IRR は 16.25%、初期費用回収年数は 5.9 年となり、実現可能性が高いことが判明した。初期費用とバイオガスの販売価格による感度分析を行ったところ、初期費用を 8 億円で低減させることが可能となれば、バイオガスを現状の天然ガスの 68%に当たる 26 円/m³ で販売しても、IRR（20 年間）は 15%を超えることが分かった。

当事業の実施により、「有機廃棄物の削減」、「肥料工場における CSR ニーズ、肥料製造ニーズ」、「廃棄物収集業者における受容性」、「食品関連工場の受容性」を満たし、温室効果ガス削減効果として 58,708 トン CO₂/年の CO₂ 削減効果を見込むことができる。

調査事業終了後、国営肥料会社とは、R&D センターにおけるパイロット事業の展開に向けた協議を継続させたい。既に、パイロット事業の概要は提案しており、国営肥料会社の経営陣との協議が、今後の実施事項となる。

Summary

The purpose of this study is to conduct a feasibility study for “Methane Fermentation from Food waste in Indonesia”. The proposed project will construct a methane fermentation factory at PUPUK KUJANG, a member of PT PUPUK INDONESIA which is a holding company of state-owned enterprise group engaged in fertilizer. The factory will collect organic waste from food factories in West Java, and introduce a methane fermentation system. The factory will supply biogas to alternate the demand at fertilizer manufacturing plants such as gas / electricity generation / heat.

“Digested liquid”, a by-product of methane fermentation, can be utilized as a raw material for organic fertilizers at factories.

There are more than 25 food factories owned by mainly foreign and Japanese companies in industrial parks within 30 km of a fertilizer manufacturing plant located in Cikampek, West Java. And we assume to collect 100 tons / day of industrial food waste. Such industrial food waste will be treated and received from existing collectors.

Bio Energy Corporation (herein after “Bio Energy”) has been operating a methane fermentation facility capable of receiving 130 tons / day of organic waste at the Jonanjima Plant in Ota-ku, Tokyo since 2003, and has been conducting gas supply and electricity supply projects. Bio Energy will utilize knowledge in Japan to develop business in Indonesia.

Regarding the collection of food waste, by collaborating with existing collection companies, we will be able to accept almost the same type of industrial food waste as Bio-Energy Jonanjima Plant in Japan. By targeting the same type of waste as in Japan, it is expected that biogas and digested liquid will have the same amount and composition as in Japan.

The tipping fee is estimated to be 3 yen / kg as net revenue of the methane fermentation business. Biogas mainly composed of methane gas can be sold as fuel for a gas generator at a fertilizer plant at 38 yen / m³. The digested liquid has been utilized to alternate chemical fertilizer, and to improve soil, but it needs to meet Indonesian standards.

Based on the information of industrial food waste that can be collected, we examined the processing flow of a plant that can accept 100 tons / day of organic waste. The initial cost is expected to be 1 billion yen and the running cost will be 45 million yen. The digested liquid will be used as bio-fertilizer and organic fertilizer, but will be provided free of charge (¥ 0) to the fertilizer factory in view of the processing, packaging and distribution costs at the fertilizer factory.

Based upon the initial cost, running cost, and income, the IRR for 20 years will achieve 16.25%, and the initial cost recovery period will be 5.9 years, indicating that the feasibility was high. A sensitivity analysis based on the initial cost and the selling price of biogas showed that if the initial cost could be reduced to 800 million yen, biogas would be sold at 26 yen / m³, 68% of the current natural gas. Even so, IRR (20 years) was found to be over 15%.

Through the implementation of this project, we have met the requirements of “reduction of organic waste”, “CSR needs at fertilizer factories, fertilizer production needs”, “acceptance of waste collectors” and “acceptance of food-related factories”. And the proposed project will decrease 58,708 ton CO₂ / year.

After this study project, we would like to continue discussions with PUPUK INDONESIA for the development of a pilot project at the R & D center. An outline of the pilot project has already been proposed, and we would like to continue consultation/negotiation with the management of PUPUK INDONESIA.

目次

1. 事業の目的・概要	1
1.1 海外展開事業の全体像.....	1
1.2 調査項目	2
1.3 調査体制およびスケジュール.....	2
2. 海外展開計画案の策定	4
2.1 対象地域	4
2.2 処理対象廃棄物種類	4
2.3 利用技術	5
2.4 海外展開事業の事業内容.....	6
2.5 海外展開事業に関連する対象地域の廃棄物処理の具体的課題.....	6
2.6 海外展開事業による環境負荷低減効果	7
2.7 海外展開事業によるエネルギー起源 CO2 削減効果.....	7
2.8 海外展開事業の実現可能性	8
2.9 海外展開を行う廃棄物・リサイクル事業の実施体制	8
2.10 海外展開事業の実現に向けたこれまでの取組経緯と今後のスケジュール	9
3. 対象地域における現状調査	10
3.1 社会・経済状況	10
3.2 処理対象廃棄物の発生・処理の状況.....	10
3.3 廃棄物処理・リサイクルの制度・政策.....	11
3.4 再生品・再生エネルギーの売却単価.....	12
3.5 事業に必要なコスト（イニシャルコスト、ランニングコスト）	20
4. 廃棄物の組成・性状等調査	24
4.1 食品工場における実態調査	24
4.2 廃棄物収集業者へのヒアリングと動向調査.....	26
4.3 100 トン/日規模の事業系有機廃棄物の組成・性状推計調査	31
5. 現地政府・企業等との連携構築	33
5.1 行政機関 中央省庁	33
5.2 行政機関 地方政府	34
5.3 国営肥料会社グループ.....	35
5.4 廃棄物収集・運搬業者.....	39
6. 現地関係者合同ワークショップの開催	41
7. 実現可能性の評価	43

7.1 事業採算性.....	43
7.2 事業実施体制.....	46
7.3 環境負荷削減効果.....	47
7.4 社会的受容性.....	48
7.5 事業化における課題等.....	49
8. 今後の海外展開計画案.....	50
8.1 海外展開計画の概要.....	50
8.2 R&D センターのラボにおける小規模実験.....	50
8.3 R&D センターにおけるパイロット事業.....	51
8.4 提案事業の展開.....	53
8.5 今後のスケジュール.....	54
8.6 結び.....	54
別添資料.....	55
有機液体肥料の基準値（原文インドネシア語の仮英訳）.....	55
土壌改良剤の基準値（原文インドネシア語の仮英訳）.....	56
バイオ肥料の基準値（原文インドネシア語の仮英訳）.....	57
最終報告会プレゼンテーション.....	59

1. 事業の目的・概要

1.1 海外展開事業の全体像

(1) 対象地域

インドネシア国西ジャワ州ブカシ県、カラワン県

(2) 処理対象廃棄物種類

産業系食品廃棄物

(3) 利用技術・導入規模

産業系食品廃棄物を対象としたメタン発酵技術（100 トン/日の処理）

(4) 事業内容

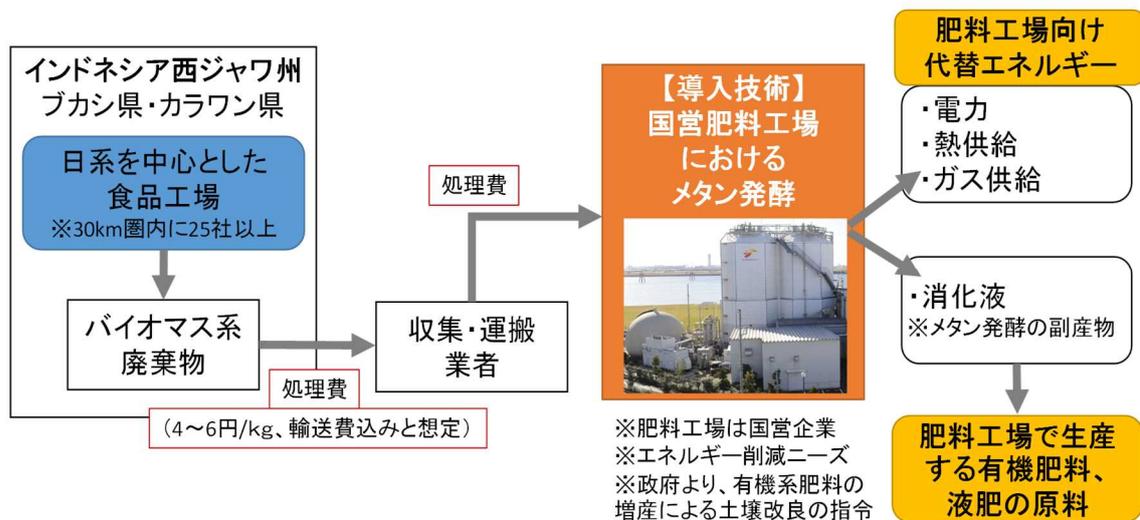


図 1-1 事業概要図

出所) 調査チームにて作成

食品工場等から排出される動植物性残渣（以下、産業系食品廃棄物）を受入れ、国営肥料製造会社の工場敷地内においてメタン発酵システムにより発生するバイオガスを活用する。

バイオガスについては、肥料製造工場の需要を鑑み、ガス／発電／熱のいずれかを供給する事業を実施する。

副産物である消化液は、肥料工場が製造する有機肥料等の原料として供給することで活用することが可能である。

肥料製造工場から 30km 圏内の工業団地には、外資系、日系を含む食品工場が 25 社以上存在しており、100 トン/日の産業系食品廃棄物の収集は可能と見ている。食品廃棄物は既存の回収業者より処理費を得て受け入れる。

バイオエナジーは 2003 年より東京都大田区の城南島工場にて、130 トン/日の有機廃棄物

を受入可能なメタン発酵施設を運用し、ガス供給／発電事業を実施している。我が国における知見を活用して、インドネシアにおける事業展開を志向している。

1.2 調査項目

当調査における実施項目は以下の通りとなる。

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 海外展開計画案の策定（第2章） 2. 対象地域における現状調査（第3章） 3. 廃棄物の組成・性状等調査（第4章） 4. 現地政府・企業等との連携構築（第5章） 5. 現地関係者合同ワークショップの開催（第6章） 6. 実現可能性の評価（事業採算性／環境負荷削減効果／社会的受容性／事業化における課題等／実現可能性の評価、第7章） |
|---|

1.3 調査体制およびスケジュール

(1) 調査体制

本調査の実施体制としては、事業者であるバイオエナジーが、廃棄物の組成・性状調査、海外展開計画の策定および実現可能性の評価を担当し、全体統括として調査全体の管理を行った。外注先である NTT データ経営研究所は、現地関係機関との調整補助業務、社会・経済状況調査、処理対象廃棄物の発生・処理の状況調査、廃棄物処理・リサイクルの制度・政策調査、廃棄物の組成・性状等調査補助、環境負荷低減効果調査を行った。

協力団体として、国営肥料会社グループのホールディングカンパニー・統括会社である PUPUK INDONESIA と、その傘下にある肥料製造会社 PUPUK KUJAN が調査に参加した。両社は、肥料工場におけるエネルギー需要や有機肥料製造に関する情報を提供するとともに、提案事業の検討、評価を行った。

(2) 調査スケジュール

下表に、調査スケジュールを記載する。

表 1-1 調査スケジュールと、実施項目

令和元年度	実施項目
10月	<ul style="list-style-type: none"> ・海外展開計画案の策定 ・第1回現地調査（関連機関への説明、肥料工場視察、工業団地・食品工場の訪問、廃棄物収集・運搬業者ヒアリング、組成・性状調査）
	第1回現地調査（2019年10月27日～11月1日） -関連機関への説明、肥料工場視察、工業団地・食品工場の訪問、廃棄物収集・運搬業者ヒアリング、組成・性状調査、環境林業省ヒアリン

	グを実施。
11月	<ul style="list-style-type: none"> ・第1回現地調査結果の整理 ・第2回現地調査の準備
12月	<ul style="list-style-type: none"> ・第2回現地調査（2019年12月8日～14日） -工業団地・食品工場の訪問、廃棄物収集・運搬業者ヒアリング、設備機器製造業者・土木工事業者訪問、組成・性状調査、農業省ヒアリングを実施。
1月	<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物性状調査（バイオガス発生量推計） ・メタン発酵プロセス検討、初期費用検討 ・メタン発酵プラント基本計画の作成 ・事業採算性検討
2月	<ul style="list-style-type: none"> ・第3回現地調査（2020年2月） -工業団地・食品工場の訪問、廃棄物収集・運搬業者ヒアリング、設備機器製造業者・土木工事業者訪問、農業省ヒアリングを実施。 -現地報告会を実施。
	<ul style="list-style-type: none"> ・今後の海外展開計画案事業計画 ・調査とりまとめ、報告書作成

出所) 調査チームにて作成

2. 海外展開計画案の策定

本調査では、100 トン/日の産業食品廃棄物の処理が可能なメタン発酵事業を実施することを想定し、提案事業の計画案を作成した。

2.1 対象地域

処理施設設置場所及び廃棄物の収集対象エリアは以下の通り。

- ・ 処理施設設置場所：インドネシア国西ジャワ州カラワン県チカンベック市
- ・ 廃棄物の収集対象エリア：インドネシア国西ジャワ州ブカシ県、カラワン県

メタン発酵設備については、国営肥料製造会社グループ PUPUK INDONESIA 傘下の PUPUK KUJANG の肥料製造工場に設備を設置する。同工場においては、1. 発電、2. 熱利用、3. ガス利用のいずれにも需要が存在している。また、メタン発酵設備の採算性を左右する消化液については、有機肥料や土壌改良剤の原料として活用することができる。

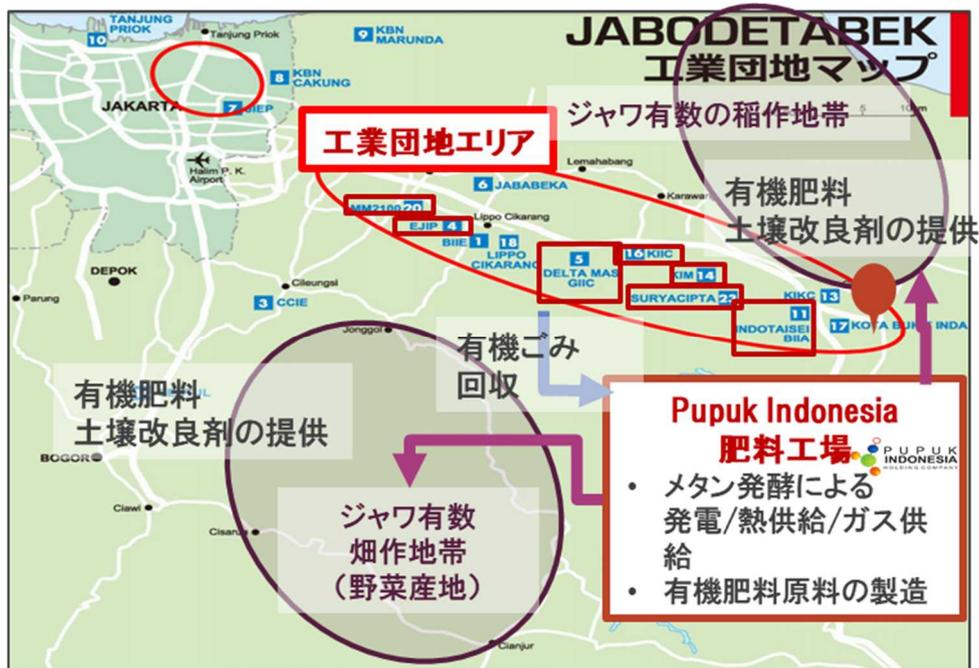


図 2-1 調査対象地域

出所) JETRO 工場団地マップをベースに、調査チームにて作成

2.2 処理対象廃棄物種類

産業系食品廃棄物については、西ジャワ州ブカシ県及びカラワン県に位置する、日系を中心とした工業団地に入居している食品製造業等から排出される、有機廃棄物を収集する。現状は、食品製造業は有機廃棄物を分別し、廃棄物運搬業者に 4 円～6 円/kg の費用を支払い、処理を委託しているとみられる。

事業の実施場所より、30km 圏内には、日系企業を中心に 25 社以上の食品関連工場が存

在している。また、30km 以遠にも工業団地が複数存在しており、多くの食品関連工場がある。こうした食品関連工場等から排出される 100 トン/日の産業系食品廃棄物を活用することを想定している。

2.3 利用技術

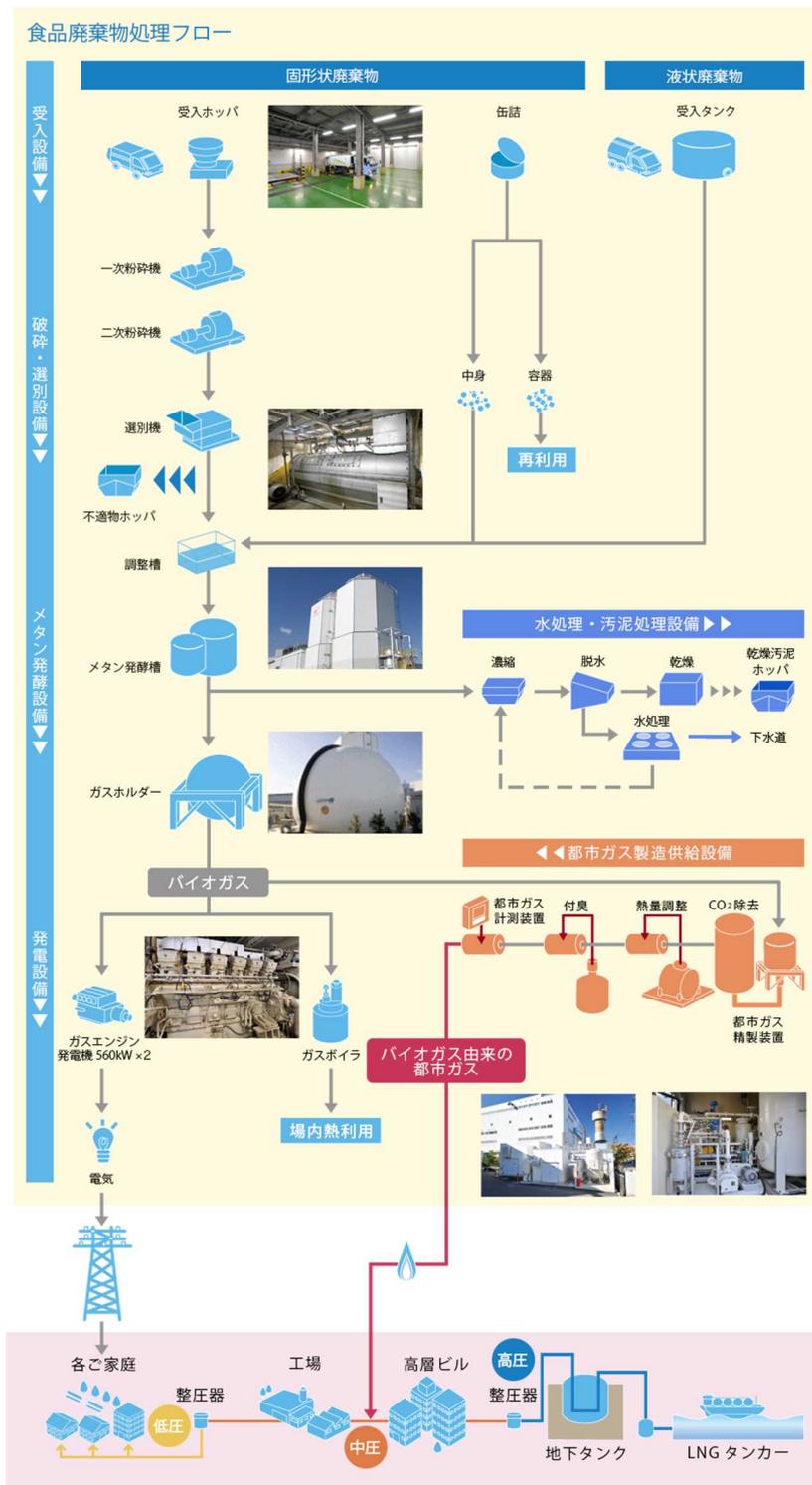


図 2-2 日本におけるメタン発酵フロー
 出所) バイオエネルギーウェブサイト <http://www.bio-energy.co.jp/flow/> (閲覧日 2020 年 2 月 20 日)

利用する技術は、「産業系食品廃棄物によるメタン発酵処理」となる。具体的には、食品工場等から排出される産業系食品廃棄物を受入れ、肥料製造会社の工場敷地内においてメタン発酵システムにより発生するバイオガスを活用するものである。バイオガスについては、肥料製造工場の需要を鑑み、ガス／発電／熱のいずれかを供給する事業を実施する。また、副産物である消化液は、肥料工場が製造する有機肥料等の原料として供給することで活用できる。

バイオエナジーは2003年より東京都大田区の城南島工場にて、130トン/日の有機廃棄物を受入可能なメタン発酵施設を運営し、ガス供給／発電事業を実施している。我が国における知見を活用して、インドネシアにおける事業展開を志向している。

2.4 海外展開事業の事業内容

展開する事業は、インドネシアの西ジャワ州に位置する工業団地に入居している食品工場等から排出される産業系食品廃棄物を受け入れ、国営肥料工場において「メタン発酵」を行い、エネルギー（電力/熱/ガス）供給と、有機肥料の原料供給を行うものである。

収益は、1. 食品工場からの処理費、2. 肥料工場へのガス/電力/熱の販売、3. 副産物である消化液の有機肥料原料としての販売、となる。

廃棄物の収集については、食品関連工場から廃棄物処理を直接受託するのではなく、既存の廃棄物収集・運搬業者から処理費の支払いを受けて、産業系食品廃棄物のみを回収する。こうすることで、現状の受益者である廃棄物収集・運搬業者への影響を最小限にとどめ、当事業の受容性を高めることができると考えられる。

2.5 海外展開事業に関連する対象地域の廃棄物処理の具体的課題

インドネシア国における廃棄物処理の課題は以下の3点が挙げられる。当事業の実施により、こうした課題の解決に貢献することが可能である。

1. リサイクルの実践

2008年に制定された廃棄物管理法に基づき、廃棄物の適正処理の実践を目指している。一方、有機廃棄物については、リサイクルを含む適正処理が実施されているとは言えない状況にある。

2. 廃棄物処理量の限界

主要な廃棄物の処理方法は、最終処分場における埋め立てである。しかしながら、その受入容量は都市部においては限界に近づいている。

3. 適正な廃棄物処理管理方法

産業廃棄物処理については、制度遵守の厳格化が求められる傾向にある。食品廃棄物については、発生量などのデータは存在していないものの、適正かつ有効な処理方法が模索されている。

2.6 海外展開事業による環境負荷低減効果

提案事業では、100 トン/日の産業系食品廃棄物の処理を行い、メタン発酵後の消化液については、肥料工場において有機肥料の原料として活用することで、食品廃棄物をほぼ 100% リサイクルすることが可能である。

2.7 海外展開事業によるエネルギー起源 CO2 削減効果

100 トン/日の産業系食品廃棄物をメタン発酵させ、ガスを活用することによって、メタンガスの大気放出を回避させることが可能である。また、メタンガスを、化石燃料由来のエネルギーを代替するものとして利用することで、CO2 排出量を削減させることができる。

IPCC のパラメータを使用した現状の試算では 5.9 万トン/年の CO2 排出削減が可能であるが、調査を通して温室効果ガスの排出削減効果を明らかにする。

[A : メタン回避による CO2 排出削減量]

52,981 トン CO2/年・・・A

=年間バイオガス発生量：6,270 千m³×メタン比率：50%×メタン密度：0.676kg/m³×メタンの地球温暖化係数：25tCO2/tCH4÷1,000

[B : 熱需要の代替による CO2 排出削減量]※天然ガスをバイオガスで代替した場合

6,331 トン CO2/年・・・B

=年間バイオガス発生量：6,270 千m³×メタン比率：50%×メタンの低位発熱量：36MJ/m³×天然ガスの排出係数：0.0561 トン CO2/GJ÷1,000

[C : 事業活動における CO2 排出量]

604 トン CO2/年・・・C

=メタン発酵施設の年間消費電力：792MWh/年×排出係数：0.763tCO2/MWh(JAMALI グリッドのコンバインドマージン)

[CO2 排出削減量]

58,708 トン CO2/年

= (A : 52,981 トン CO2/年+B : 6,331 トン CO2/年) -C : 604 トン CO2/年

2.8 海外展開事業の実現可能性

(1) 事業性<採算性>

調査開始時点での想定を以下に示す。

■前提条件

- ・ イニシャルコスト：10億円
- ・ ランニングコスト：45百万円/年
- ・ 事業期間：20年
- ・ 収入：175百万円/年

内訳：廃棄物処理委託費：2円/kg、ガス販売：38円/m³、有機肥料原料販売：50円/m³

■評価

- ・ IRR：13%（調査を通して15%とする目標）
- ・ 初期費用回収年数：7.1年

上記条件でのIRRは13%、初期投資回収年数は7.1年となる。日本では水処理コストをかけて排水している消化液を、肥料原料として活用できるため、処理費収入が安価であっても一定の事業採算性が確保できる見通しである。

イニシャルコストについては、設備を現地調達することによって低減させることが可能と見ている。また、熱帯に位置するインドネシアにおいては発酵槽の加温が不要となり、ランニングコストを低減させることも可能と考える。こういった点を勘案し、調査事業においては、事業期間20年のIRRが15%を超えることを目標としたシステム等の検討を行う。

(2) 社会的受容性

提案事業を実施する場合、以下のような社会的受容性を満たすことができると考えられる。

- ・ 有機廃棄物処理の適正化と、埋立以外の処理方法が求められている。
- ・ 工業団地や食品工場には、食品廃棄物の適正処理ニーズがある。
- ・ 政府は、国営肥料工場に有機肥料の製造量増加させることを指示。
- ・ 国営企業は利益の一部を温室効果ガス削減などに活用する義務がある。コスト削減のため、代替エネルギー利用や省エネを検討している。
- ・ 既存の廃棄物収集システムを活用することで既存受益者への影響を低減。

2.9 海外展開を行う廃棄物・リサイクル事業の実施体制

バイオエナジーと、親会社である市川環境ホールディングス、国営肥料会社グループのホールディングカンパニー・統括会社である PUPUK INDONESIA を中心として、PUPUK INDONESIA の傘下にある肥料製造会社 PUPUK KUJANG の用地において、合弁会社や SPC を組成することを想定している。

日系商社が工業団地の運営を行っていること、廃棄物処理に日系商社が関心を示していることから、出資についての協議を行う予定である。

初期費用については、補助金などを活用しなくても一定の利益が見込めるようなビジネスモデルを検討する。一方、温室効果ガス削減効果が大きいいため、将来的には JCM 設備補助事業等の活用を検討することを想定している。

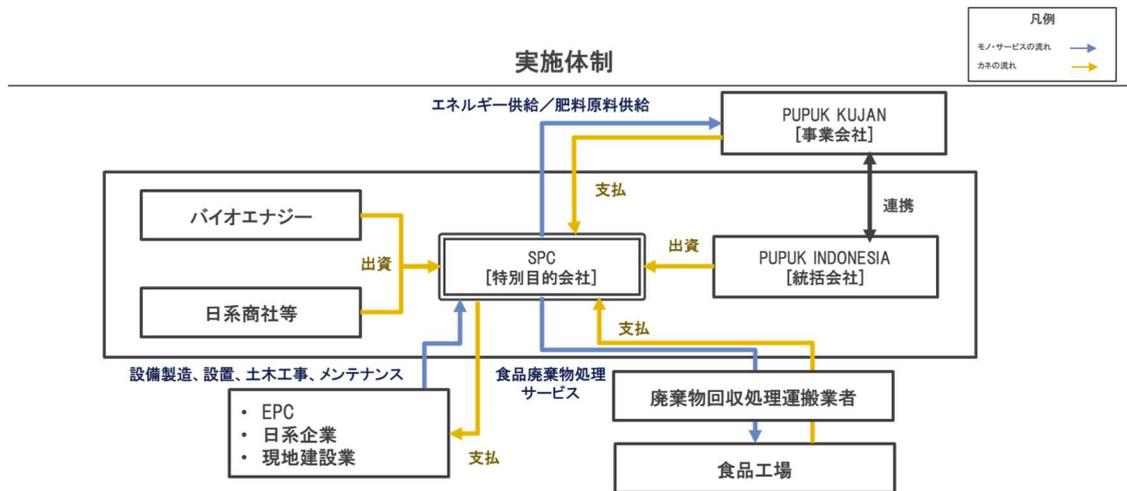


図 2-3 事業スキーム

出所) 調査チームにて作成

2.10 海外展開事業の実現に向けたこれまでの取組経緯と今後のスケジュール

当調査事業を実施するまでの取り組みと、今後のスケジュールについて、以下に整理を行う。

表 2-1 取組経緯と今後のスケジュール

時期	実施内容
2016 年度	・ PUPUK INDONESIA の理事長他メンバーが来日。提案事業の構想を説明し、実現可能性調査の必要性について賛同を得る。
2017 年 ～2018 年	・ バイオエナジーがインドネシアにおける事業展開の検討を開始。 ・ 2018 年度には現地を訪問し、政府機関や民間企業を訪問し、有機廃棄物を活用した、メタン発酵事業の検討を開始。
2018 年度以降	・ PUPUK INDONESIA をカウンターパートとする提案事業を立案。 PUPUK INDONESIA とも複数回協議を行う。 ・ 日系の工業団地と、入居している日系製造業の工場を視察。提案事業にニーズと受容性があることを確認。
調査後	・ 2020 年度に、合弁会社、SPC 設立準備、許認可取得等を開始 ・ 2022 年度の事業開始を目標としている。

出所) 調査チームにて作成

3. 対象地域における現状調査

3.1 社会・経済状況

環境政策を管轄する環境林業省へヒアリングを行ったところ、産業系食品廃棄物の発生量や処理実態についての統計データは存在しておらず、その処理実態についても把握されていなかった。法制度としては、2008年に制定された「廃棄物管理法（廃棄物管理に関する2008年法律第18号）」と、その施行令が存在しており、この法規制に則り、有機廃棄物は適正に管理されるべき、という見解であった。環境林業省では、産業系有機廃棄物について、有害廃棄物は法規制に則って処理されており、最終製品に近いものは飼料や肥料として活用され、残りはセメント工場などにおける焼却処分、あるいは公共の最終処分場へ搬入されていると認識されていた。

産業系食品廃棄物の動向については、文献調査を実施した。しかし、インドネシアではB3廃棄物と呼称される、有害廃棄物についての情報は少ないながら存在していたものの、産業系有機廃棄物については、ほとんど情報を得ることができなかった。これは、一般廃棄物が公共セクターによって管理されており、発生量などのデータがある程度整理されているのに対し、産業系有機廃棄物は民間セクターによって回収、処理が実施されているため、その処理量や処理実態が一元的に整理されていないことに起因すると考えられる。

3.2 処理対象廃棄物の発生・処理の状況

(1) 食品関連工場における実態

次に、食品工場を訪問し、産業系有機廃棄物の処理実態を調査した。詳細については次項にて記載するが、概ね以下の3分類にて処理されていることが判明した。

無償とあるものは、プラスチックや金属などの有価物と有機廃棄物を、まとめて無償で回収業者に処理委託しているものである。回収業者と、最終的に処理を行う業者では、有価物から得ることができる利益で、有機廃棄物を処理しているとみられる。つまり、無償で処理委託されている有機廃棄物については、実質的には有償処理となっていると考えられる。ただし、有償処理される有機廃棄物と比較すると、処理費は安価であると考えられる。

有償処理される中で、スラッジ、スラリー、スカム（油泥）については、いわゆる産業系有機廃棄物と分類することに違和感があるものの、食品関連工場から排出される有機分が高い廃棄物として記載した。これらは、比較的高価な処理費によって回収され、確実な最終処分が可能な専門処理業者の施設において、処理されている。日本におけるバイオエナジーのメタン発酵施設では、スラッジ、スラリー、スカムは受け入れていないものの、他の有機廃棄物と比較して処理料金が高額なため、本調査の検討対象とした。

表 3-1 食品関連工場から排出される有機廃棄物

処理方法	廃棄物の種類	処理方法
有償	・ 最終製品に近いもの(検査不適合品、返品)	・ 飼料、肥料
無償(0円)	・ 製造過程の残渣	・ 飼料、肥料 ・ 埋め立て、焼却
有償	・ 製造過程の残渣	・ 埋め立て、焼却
	・ スラッジ、スラリー、スカム	・ 最終処分(専門処理業者へ)

出所) 食品関連工場からの提供情報を基に調査チームで作成

(2) 収集・運搬業者の実態

食品関連工場においては、工業団地に入居した際に、該当エリアを担当する廃棄物収集・運搬業者を紹介され、その業者に処理を委託している。廃棄物収集・運搬業者については、複雑な事情が存在しており、工業団地においても、業者との契約を含めて、廃棄物の管理については各工場に一任していることが一般的である。

こうした廃棄物収集・運搬業者については、必要なライセンス等は取得しており、法規制の遵法体制に問題はない。食品関連工場の中には、廃棄物収集・運搬業者を介して、最終的に廃棄物を処理している業者を訪問し、違法行為がないかどうかのチェックを行っているケースもある。

しかしながら、収集・運搬業者や処理業者を訪問する中で、食品関連工場、収集・運搬業者、処理業者における処理フローや実態を、廃棄物の種類別に一元的に把握することは困難であることも判明した。廃棄物分野における事業者にとっては、クライアントから委託を受けている廃棄物の種類、数量、処理費用、処理方法などの情報は、市場競争力を維持するためにも極めて重要なものであり、定量・定性的な情報を得ることは困難な状況であった。

一方、後述するように、外資系や日系企業から比較的高額な処理費用を受け、有機廃棄物を収集・運搬している業者も存在している。インドネシアにおけるメタン発酵事業を展開する上で、こうした業者をパートナーとすることで、実現可能性調査を行うこととした。

3.3 廃棄物処理・リサイクルの制度・政策

インドネシアの廃棄物処理について、根幹となるのは2008年に制定された「廃棄物管理法(廃棄物管理に関する2008年法律第18号)」と、その施行令となる「家庭及び関連部門の廃棄物管理(2012年政令第81号)」となる。

2008年廃棄物管理法では、廃棄物を、①家庭廃棄物、②その他の同様の家庭廃棄物(商業分野、産業分野などで発生する廃棄物)、および③特定廃棄物(有害廃棄物と有毒廃棄物、建物の残骸など)と定義している¹。当事業において対象とする、産業系有機廃棄物については、②に該当する。同法では、廃棄物管理を行う上で、政府に発生抑制、リサイクル、リユースによる廃棄物の削減と、廃棄物処理の改善を義務付けている。

¹ 環境省ウェブサイト https://www.env.go.jp/recycle/circul/venous_industry/pdf/indonesia.pdf (閲覧日 2020年2月20日)

環境林業省へのヒアリングでは、産業分野においては有害廃棄物については法規制に則った処理が求められるものの、有機廃棄物については適正処理を求めるのみで、個別のリサイクル法などは未整備となっている。有機廃棄物管理については、一般廃棄物の処理の優先順位が高いのが実態である。産業分野における有機廃棄物処理については、民間主導で実施されており、その実態を把握することが困難という背景も、具体的な法整備が進んでいない一因と考えられる。しかし、中長期的には、2008年廃棄物管理法に基づき、商業部門、産業部門における有機廃棄物の発生抑制や、リサイクルを進展させるためのリサイクル法が整備される可能性は十分にあると考えられる。

3.4 再生品・再生エネルギーの売却単価

事前調査によって、以下の価格情報を得ているが、関係機関へのヒアリングにより、その価格を詳細に調査した。

- 食品工場が支払う処理費：4～5 円/kg（収集・運搬費込）
- 肥料工場のエネルギーコスト：電力 8 円/kWh、天然ガス 38 円/m³、石炭 9 円/kg
- 肥料工場に供給する有機肥料原料：50 円/m³

処理費については、後述する有機廃棄物の収集・運搬業者へのヒアリングにより、メタン発酵事業のネット収入となる価格を検討した。

バイオガスによるエネルギー代替については、肥料工場における電力・熱・ガスの需要を精査し、適切なメタンガスの利用・販売方法を検討した。

メタン発酵の副産物である消化液の有機肥料の原料としての利用方法については、肥料工場、地方政府、農業省へのヒアリングを行い、活用方法を検討した。

(1) 有機廃棄物の処理費

後述する有機廃棄物の収集・運搬業者（以下、A社とする）へのヒアリングによると、有償処理を行う有機廃棄物の処理価格は、5 円～9 円/kg 程度となっている。A社と取引のないインドネシア資本企業や、中国や韓国資本の場合、より低額の処理費用で収集・運搬を請け負う業者は存在しているが、その処理方法の透明性や確実性、トレーサビリティは低いということである。

A社とは数回の協議を行い、調査段階における設定として、「A社が食品関連工場から収集し、チカンペックの肥料工場にあるメタン発酵施設に搬入した場合、およそ 3 円/kg の処理費をメタン発酵施設に支払うことが可能」という結論に至った。よって、メタン発酵事業のネット収入として 3 円/kg の処理費用を得ることができるという想定で、事業検討を行うこととした。

(2) バイオガスの利用・販売方法

・ バイオガスの活用方法

4章で展開する議論の論点先取となるが、「100 トン/日の有機廃棄物については、バイオエナジー城南島工場で受け入れる有機廃棄物と同様の組成とする」という前提に立つと、バイオガスの組成、発生量は日本と同様となる。すなわち、19,000Nm³のバイオガスが発生し、メタンガス量はバイオガスの50%にあたる9,500Nm³となる。

バイオガスの方法については、その売却先として想定している肥料工場を運営するPUPUK KUJANGと協議を行った。

まず、肥料工場では、天然ガスを1. 化学肥料の原料、2. 化学肥料を製造するための熱供給を行うための燃料、3. ガス発電機の燃料として使用している。想定しているメタン発酵事業から供給するバイオガスの量は、肥料工場の天然ガス使用量の1%に満たないために、肥料工場としては、3. ガス発電機の燃料として使用することが現実的であるとの見解であった。

・ ガス発電機に使用する天然ガスの仕様

想定しているメタン発酵事業から供給されるバイオガスの供給量は、ガス発電機の燃料として使用している天然ガス量の約6%に相当する。

下表は、肥料工場にて使用している天然ガスの成分となる。肥料工場からは、供給するバイオガスについて、天然ガスの供給実績と同等の成分にて供給することを要望している。

バイオエナジーは、2010年度より日本においてバイオガスの都市ガス導管への注入事業を行っており、技術的には肥料工場が求める要求を満たすことは可能である。一方、バイオガスを天然ガスの供給実績と同等にして供給するためには、相応の設備投資が必要となる。

表 3-2 肥料工場における天然ガスの成分

項目	% mol (Dry Basis)	
	想定	供給実績
O ₂	0	0
H ₂	0.3	0
N ₂	1.92	4.55
CH ₄	92.89	83.12
Ar	0.02	0
CO	0	0
CO ₂	1.5	5.17
C ₂ H ₆	2.38	2.85
C ₃ H ₈	0.61	2.37
C ₄ H ₁₀	0.25	1.14
C ₅ H ₁₂ +	0.13	0.8
TOTAL	100	100

出所) PUPUK KUJANG

調査チームから、ガス発電機需要の約6%に過ぎないのであれば、バイオガスの調整を最小限に抑え、天然ガスと混合させた上でガス発電機の燃料として活用することを提案した。肥料工場のエンジニアからは、約6%に過ぎないバイオガスを受け入れることによる、ガス発電機への影響を懸念しているというコメントであった。バイオエナジーは、日本ではバイオガスを、脱硫などの最小限の処理を行った後に、ガス発電機に送ることで、10年間にわたり問題なく発電が可能であることを説明した。肥料工場のエンジニアは日本の事例における適応性には納得したものの、やはり既存機器への影響を懸念して、バイオガスの受け入れに難色を示した。結論としては、「技術的にはバイオガスの受け入れは可能と推察される。一方、既存の肥料工場のシステムに手を入れる場合は、経営判断が必要」、「バイオガスが安定供給できるというインドネシアでの実証事業などを基に、受け入れについての検証が必要」というものとなった。

メタンガス事業の実施により、肥料工場及び国営肥料会社 PUPUK INDONESIA は、1. 有機肥料の活用による土壌改善、2. 化学肥料の使用抑制による土壌改善、3. 温室効果ガスの削減というメリットを得ることができる。これらメリットをアピールし、PUPUK INDONESIA の経営陣に、最小限の設備変更についての理解を得ることが必要となる。

調査期間中に、元農業大臣であり、PUPUK INDONESIA の筆頭監査役として高位の意思決定者である Prof. Dr. Bungaran Saragih の秘書と面会し、事業説明を行う機会を得た。秘書より、Saragih 氏に事業の説明を行った上で、今後、対面でのプレゼンテーションや事業説明を行っていくという方針が示された。当報告書作成時点では、Saragih 氏からのフィードバックは受けていない。本提案事業については、2016年に Saragih 氏が訪日した際に着想したものであり、一定の理解を得ることは可能と考えているものの、PUPUK INDONESIA の経営陣との協議は今後の課題となる。

・ ガス発電機に使用する天然ガスの価格

肥料工場が購入している天然ガスの価格は、市場価格に連動し、かつ肥料製造事業という公益性の高さを考慮して、比較的安価となっている。ヒアリング及び協議により、事業性を検討する上で、38円/m³にて脱硫などを経たメタンガスを主体とするバイオガスを販売することとした。後述するが、事業検討においては変動の可能性がある天然ガスの価格を用いて、感度分析を行うこととした。

(3) 消化液の利用・販売方法

・ インドネシアにおける、有機肥料などの仕様

PUPUK INDONESIA、PUPUK KUJANG、農業省へのヒアリングにより、メタン発酵の副産物である消化液の活用方法については、1. 有機液体肥料、2. 液体土壌改良剤（堆肥）、3. バイオ肥料の3種類が考えられることが分かった。

インドネシアの政策では、こうした肥料などを活用することで、化学肥料の使用を抑制し、化学肥料による営農によって「痩せた土壌」を改良し、農業の生産性向上を図るものである。別添資料として、農業省による肥料などの基準値を示す。

表 3-3 消化液の活用が可能な肥料等

種類	概要
1. 有機液体肥料	・ 化学肥料の代替
2. 液体土壌改良剤	・ 土壌の改良。日本では堆肥として認識されている
3. バイオ肥料	・ 微生物などのバイオ資材を供給し、土壌を改善する。 (液体、固形は問わず)

出所) ヒアリング調査をもとに、調査チーム作成

・ 消化液の概要

上記の3種類について、消化液の活用可能性を検討した。

メタン発酵処理においては、発酵槽への投入量とほぼ同量の消化液が発生する。そのことから、消化液の処理や有効利用が事業採算性の大きな要因となる。日本や欧州においては消化液を液体肥料として有効利用されている実例が多く存在し、欧州では畑作や牧草地への施肥利用が主とされる。日本においては主に稲作で利用され、化学肥料と遜色ない効果が確認され食味向上や肥料コスト削減など農家へのメリット提供を実現している。

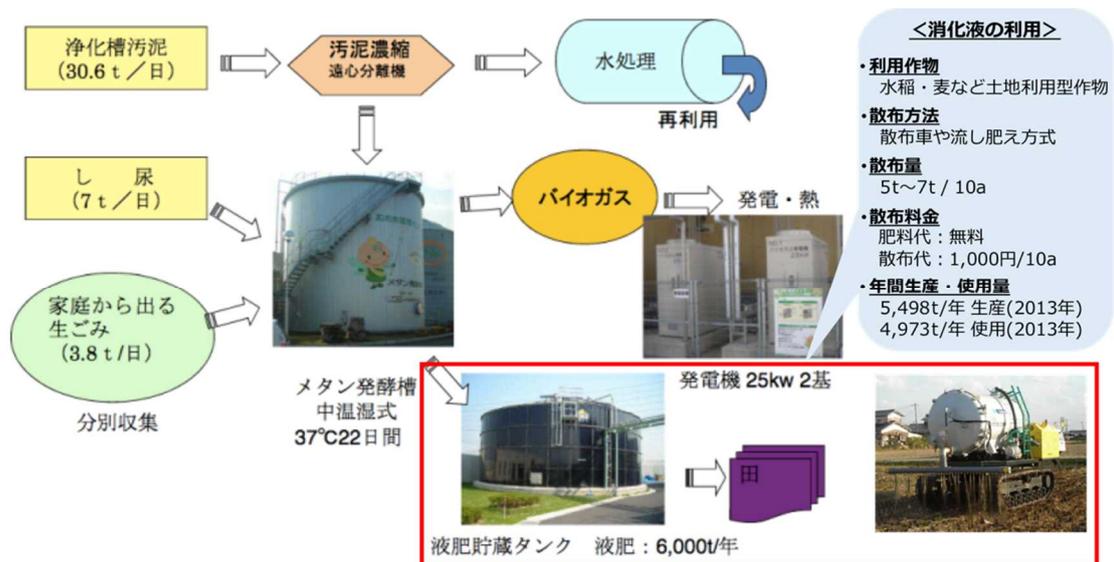


図 3-1 福岡県大木町におけるメタン発酵プロセスと、消化液の活用方法

出所) 大木町環境課「大木町のメタン発酵による生ゴミ循環事業」²及び、環境省 HP「メタンガス化施設の導入事例等より大木町事例」³を参考に、調査チームにて作成

² <https://www.npobin.net/142thSakai.pdf> (閲覧日 2020 年 2 月 20 日)

³ <https://www.env.go.jp/recycle/waste/biomass/example.htm> (閲覧日 2020 年 2 月 20 日)

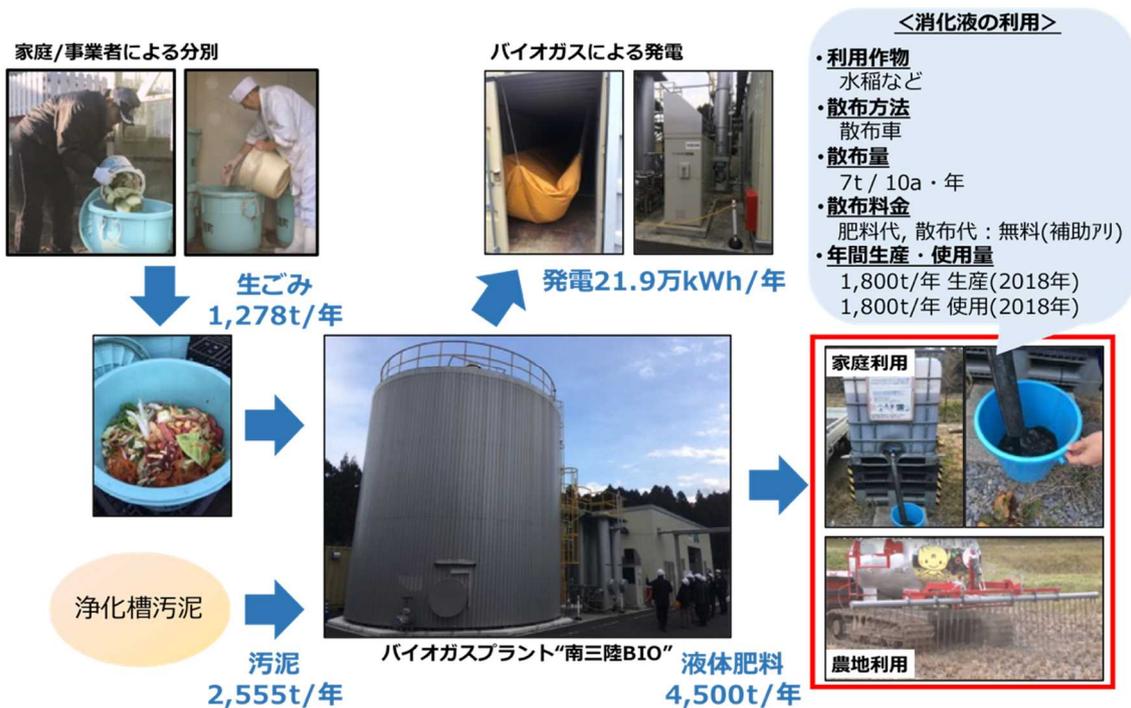


図 3-2 宮城県南三陸町におけるメタン発酵プロセスと、消化液の活用方法
出所) アミタ株式会社ウェブサイト⁴及び、調査チームによる現地ヒヤリングを元に、調査チームにて作成

インドネシアも日本同様に米を主食とする文化であり、全農産物生産量の中で圧倒的に米の生産が多くを占めている。またインドネシア農業省も化学肥料の利用を削減する政策を打ち出しており、稲作に消化液由来の液肥を利用することは農業政策に合致するものといえる。一方で消化液の利用や流通には、農業省が示す基準をクリアすることやインフラの整備等課題があることも本調査にて顕在化した。

・ 有機液体肥料としての評価

消化液は施設に投入されたものにより成分が異なるが、肥料成分といわれる窒素、リン酸、カリウムの中では窒素を主成分とし、窒素肥料として利用することが一般的である。下表は、日本で稼働するメタン発酵施設にて主な投入物別の成分表となる。本事業で検討する投入物は施設に近いと考えられるため 0.2%から 0.15%程度の全窒素を含む消化液になると推察している。

⁴ https://www.aise.jp/news/news/180615_nhk-minamisanriku.html

表 3-4 原料別によるメタン発酵消化液の成分

	単位	施設 A	施設 B	施設 C	施設 D	施設 E	施設 F	施設 G	施設 H	施設 I
主な原料		乳牛ふん尿	乳牛ふん尿	豚ふん尿 (洗浄水含む)	生ごみ	食品加工残渣・生ごみ	野菜加工残渣・乳牛ふん尿	浄化槽汚泥, し尿, 生ごみ	し尿, 浄化槽汚泥	し尿・浄化槽汚泥
含水率	%	93.9	95.9	98.3	98.2	97.4	97.5	98.4	99.5	96.9
pH		8.03	7.66	7.79	8.04	8.08	7.48	8.55	9.60	8.38
EC	S/m	1.97	1.96	0.82	2.05	1.49	1.43	1.68	1.00	0.78
SS	mg/L	33,900	26,700	9,630	10,500	15,900	14,900	830	1,250	27,600
VSS	mg/L	22,300	17,900	7,510	6,340	10,600	11,000	460	860	13,800
TS	mg/L	61,200	41,300	17,200	17,800	26,200	24,600	6,650	5,070	31,000
VS	mg/L	40,500	24,200	11,600	8,730	14,800	14,300	2,820	1,800	15,200
COD _{Mn}	mg/L	17,800	14,100	3,290	4,200	8,010	7,880	1,350	1,040	7,930
COD _{Cr}	mg/L	-	-	-	12,900	18,000	-	1,300	3,570	-
BOD	mg/L	2,710	2,320	1,150	1,890	2,430	1,640	716	254	810
TOC	mg/L	6,250	6,220	738	406	1,860	3,840	-	768	1,060
全炭素	mg/L	17,000	9,790	3,620	4,930	3,900	8,180	3,410	1,640	5,020
塩化物イオン	mg/L	1,100	1,390	307	1,520	1,030	786	1,330	1,110	667
アンモニア態窒素	mg/L	1,480	1,740	731	1,550	961	798	1,570	1,060	671
亜硝酸態窒素	mg/L	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
硝酸態窒素	mg/L	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
全窒素	mg/L	3,270	3,390	1,290	2,710	1,640	1,820	1,900	1,330	1,770
全リン	mg/L	949	536	267	320	238	404	82.6	143	505
リン酸態リン	mg/L	7.08	169	8.71	35.2	6.90	55.7	36.0	53.5	0.54
カリウム	mg/L	2,940	3,210	490	1,190	1,900	2,570	924	397	383
ナトリウム	mg/L	-	850	-	1,480	1,120	-	-	802	-
カルシウム	mg/L	-	1,600	-	40.4	24.6	-	-	10.4	-
マグネシウム	mg/L	-	661	-	7.7	42.8	-	-	1.15	-
粗脂肪 (油分)	mg/L	-	-	-	17.8	26.2	24.6	-	<5	-

出所) 中村真人 (農研機構) 「窒素循環の観点から考えるメタン発酵消化液の液肥利用」⁵

また消化液の特徴として含有窒素のうち約半分が速効性のあるアンモニア態窒素となり、残り半分が有機態窒素である。このことから消化液成分を把握した上で化学肥料同等の利用方法で施肥効果を得ることが可能となる。

一方で、農業省による有機肥料の基準をみると、窒素、リン酸、カリウムについては含有量が少ないことが分かった。消化液を濃縮することで、基準値を満たすことが可能と想定されるものの、濃縮工程には追加的なコストが必要となる。また、農業省には、「有機液体肥料は水で希釈するものである。消化液を濃縮した上で、再度希釈するのであれば、消化液を有機液体肥料として施肥しても問題ない」と提案したものの、普及させるには基準を満たす必要があるというコメントであった。

表 3-5 主成分についてのインドネシア基準と消化液との比較

	インドネシア基準	消化液 (想定)
N (窒素)	3-6 %	0.2%
P (リン酸)	3-6 %	0.02%
K (カリウム)	3-6 %	0.19%

出所) 調査チームにて作成

⁵ <http://seneca21st.eco.coocan.jp/working/nakamura/56.pdf> (閲覧日 2020 年 2 月 20 日)

農業省からは、「炭素分が不足している」というコメントもあった。メタン発酵過程で、有機分に含まれる炭素分は分解されるため、確かに炭素分は減少することになる。基準値に適合させるためには、炭素分を添加する等の工程が必要となる。

総じて、消化液を大量に散布することで、肥料の主成分の一つである窒素を供給することができ、化学肥料を代替させることができる点については、農業省、PUPUK INDONESIA、PUPUK KUJANG とも理解を示した。一方で、肥料として流通させるためには、インドネシアの基準を満たすことが必要であり、濃縮や炭素の投入などの工程が必要となることが分かった。

一方、消化液を脱水した後に、有機固形肥料の原料として供給することは可能とみられる。インドネシアの有機固形肥料の製造工場では、バガスや牛糞、鶏糞を原料として有機固形肥料を製造しているが、牛糞や鶏糞を代替するものとして、消化液の脱水汚泥を供給することを想定した事業検討を行うこととした。

・ 土壌改良剤としての評価

土壌改良剤（堆肥）としての活用については、インドネシアの基準のうち、「C/N 比（炭素/窒素）」を満たすことが困難であることが分かった。これは、有機液体肥料の評価と同様に、メタン発酵過程で、有機分に含まれる炭素分は分解されるため、炭素分が減少することに起因する。基準値に適合させるためには、炭素分を添加する等の工程が必要となる。消化液を、土壌改良剤として使用するためには、炭素の投入などの工程が必要となる。

・ バイオ肥料としての評価

次に、バイオ肥料としての評価を行った。バイオ肥料は、土壌に微生物などを投入することで土壌を改善することを目的としている。下表は、インドネシアの基準に定められた、バイオ肥料に求められる有効性となる。5項目のうち、1項目を満たすことができれば、バイオ肥料として認定される。有効性については、基準値などはなく、試験結果や客観的データを示すことが求められる。

表 3-6 バイオ肥料に求められる有効性

有効性(インドネシア語)	有効性（日本語）
a. Penambat N.	窒素固定
b. Pelarut P.	リン溶解菌
c. Pelarut unsur hara lain.	その他溶解菌
d. Perombak bahan organik	その他有機物を分解する菌
c. Pembentuk bintil akar	根粒菌への寄与

出所) インドネシア農業省

日本における、農業や肥料分野における専門家に、消化液の有効性についてのヒアリングを行った。結果、水田中での窒素固定菌の活性化に効果があることが示唆されていることが判明した。窒素固定菌は湛水条件下では安定しており、そこに栄養分となる消化液を投入す

ることで窒素固定菌が活性化し作物へ効果があると推察している。

・ 消化液の活用方法方針

以上を踏まえて、消化液については、1. 脱水後の汚泥を有機固形肥料の原料とする、2. バイオ肥料として活用する、という方針で、活用が可能であるという結論に達した。

特に、2. バイオ肥料としての活用については、土壌改良剤（堆肥）としての活用については、インドネシアの基準のうち、「C/N 比（炭素/窒素）」を満たすことが困難であることが分かった。これは、有機液体肥料の評価と同様に、メタン発酵過程で、有機分に含まれる炭素分は分解されるため、炭素分が減少することに起因する。基準値に適合させるためには、炭素分を添加する等の工程が必要となる。消化液を、土壌改良剤として使用するためには、炭素の投入などの工程が必要となる。

肥料の価格については、農業省、西ジャワ州ブカシ県及びスバン県、PUPUK INDONESIA、PUPUK KUJANG へのヒアリングを行った。現状、肥料の価格は 8 円/kg となっている。有機肥料の場合、ここに政府から 50%の補助金が適用されるために、農家の有機肥料購入価格は 4 円/kg となる。

消化液の施肥方法などについては、検討事項となった。後述する、西ジャワ州におけるブカシ県、スバン県の農業局との協議では、消化液については、インドネシアの基準値を満たすことができれば、受け入れ可能という見解が示された。機器を用いなくても、農家が手作業で施肥することも可能というコメントもあった。

肥料の販売価格が 8 円/kg であること、肥料を製品化するための加工、包装、輸送コスト、液状のバイオ肥料を散布するためのタンクや散布機材のコストなどを勘案し、バイオ肥料や有機肥料の原料となる消化液については、無償で肥料会社に供給することとした。

・ 消化液のアンモニア原料としての活用方法

以上が、消化液の活用法等となるが、別の可能性として、「蒸発濃縮アンモニア製造装置」を導入し、消化液をアンモニア原料として活用する方法も検討した。

消化液は窒素分が高い性状を示しており、窒素肥料として活用可能である。この特徴を活用して、アンモニア濃縮液の製造を検討し「蒸発濃縮アンモニア製造装置」の適用が可能と考えられる。

有機廃棄物のメタン発酵処理により発生するバイオガスを利用して、バイオガスボイラにより蒸気を生成し、得られた蒸気は肥料工場と「蒸発濃縮アンモニア製造装置」にて熱利用する。通常化石燃料等を用いて製造する蒸気を、バイオガスを用いて製造する事から燃料費はゼロであり、低コストでの製造が可能である。

「蒸発濃縮アンモニア製造装置」は、2～3 段の蒸発装置であり、化学プラント工場では一般的に使用されている事から現地インドネシアでの調達も可能と考えられる。濃縮液は、4～5%の NH₃-N を含むもので、肥料工場において肥料の原料として使用することができる。蒸発水は冷却し凝縮して直接放流する。

PUPUK KUJANG に対しても、アンモニア原料の供給については協議を行ったが、肥料工場が生産するアンモニアの量と、熱需要を勘案すると、供給量が少ないために、受け入れは困難という反応であった。しかし、天然ガスと同様に、PUPUK INDONESIA の経営陣との協議によって、当事業のメリットが評価されれば、導入検討も可能と考えられる。

事業性の検討においては、消化液はバイオ肥料及び、有機肥料の原料として利用する方向とするが、アンモニア原料としての利用可能性も引き続き検討していきたい。

3.5 事業に必要なコスト（イニシャルコスト、ランニングコスト）

(1) 処理フロー

これまでの検討を踏まえ、また、論点先取となるが、第4章で検討する結果を踏まえて、100 トン/日の有機廃棄物を受け入れるメタン発酵設備の、処理フローを作成した。グレーの部分が、メタン発酵事業として導入する施設となる。また、フロー図に基づいた、イメージパース図を作成した。4章で検討するが、インドネシアにおいて、日本で運営しているメタン発酵設備と同じ組成の有機廃棄物を受け入れることが可能と想定されるため、メタン発酵プロセスについては日本と同様としている。

バイオガスについては、肥料工場が運用する既存のガス発電機に供給する。今後、PUPUK INDONESIA 及び PUPUK KUJANG との協議が必要であるが、天然ガスと同等の成分ではなく、脱硫などを行った上で、日本におけるガス発電機への供給と同じ成分にてバイオガスを供給する。バイオガスの発生量は 19,000m³/日であり、9,500m³/日のメタンガスが含まれている。肥料工場には、「9,500m³/日×38m³(天然ガス価格)にて供給することを想定している。

消化液については、150 トン/日が発生すると推定される。当初は、全量を液体のまま施肥することを想定していたが、消化液の量が大量であるために、150 トン/日のうち、5 トンはインドネシアのバイオ肥料基準を満たす液肥として供給し、それ以外の消化液は脱水を行い、発生する脱水汚泥約 15 トンは有機肥料の原料として供給することとした。

脱水後に生じる 130 トンの排水は、オキシデーションディッチ法によって好気性生物処理を行い、沈殿槽を経て、肥料工場の排水系統を通して排水することとした。インドネシアの排水基準は、河川放流と同等となっているものの、上記によって基準を満たすことが可能であると考えられる

プラントの建設に必要な用地は、6,500m² (0.65ha)であり、肥料工場の面積が 4,500ha であり、現状でも広大な未利用エリアがあることから、用地に関する問題はないといえる。

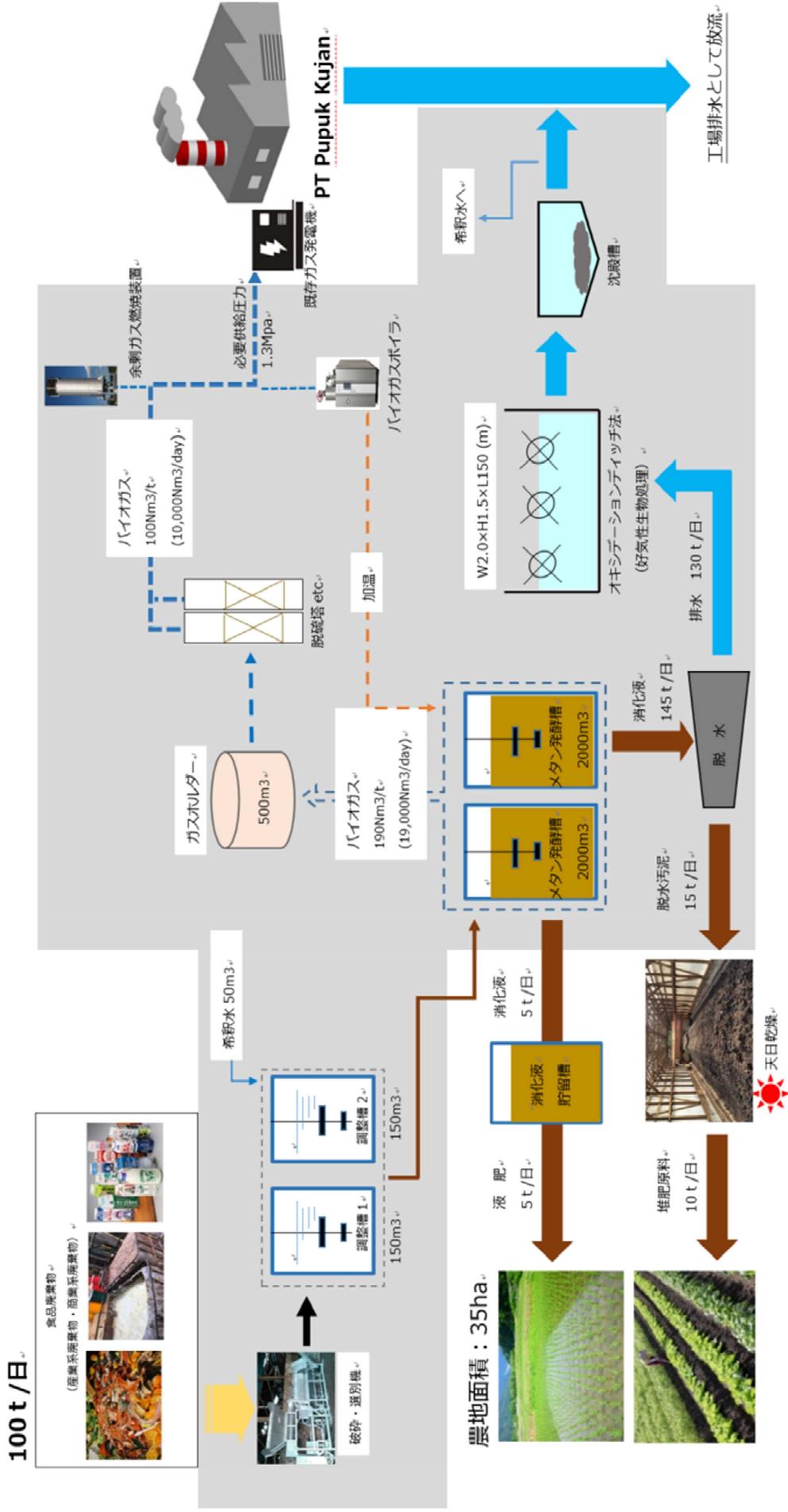


図 3-3 100 トンの有機廃棄物を受け入れるメタン発酵設備フロー図

出所) 調査チームにて作成

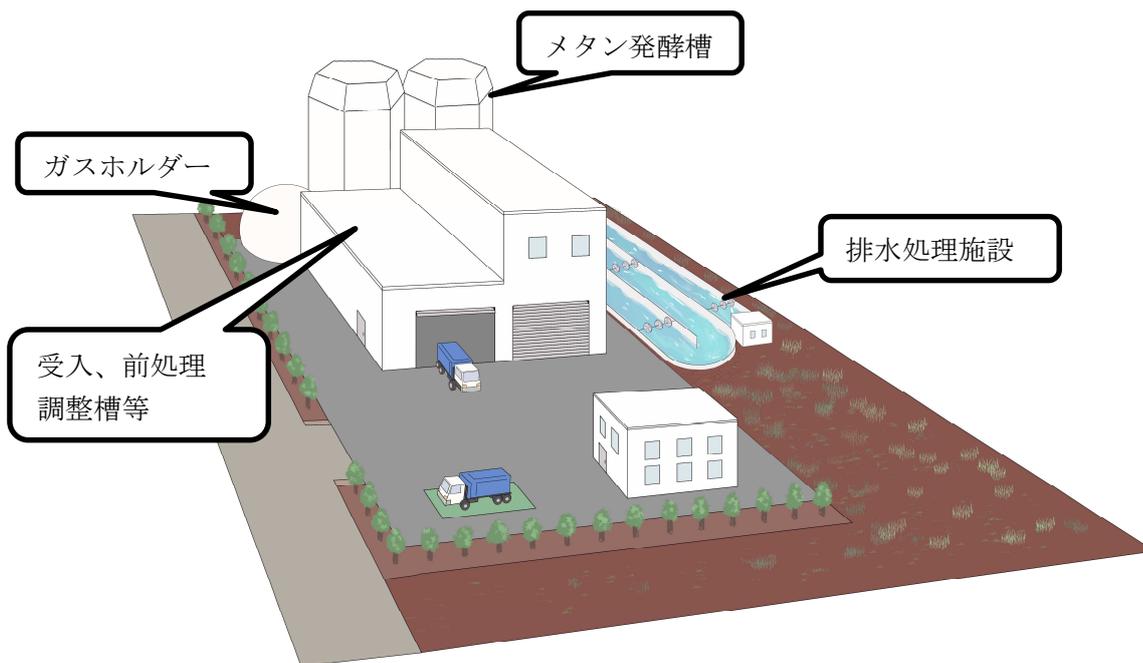


図 3-4 イメージパース図

出所) 調査チームにて作成

(2) イニシャルコスト

事前検討として、日本における事例と経験を元に、100 トン/日のメタン発酵設備のイニシャルコストとして、10 億円（設備費 8 億円、土木建設費 2 億円）を想定した。当初は、発生するバイオガスをガス精製し、肥料工場で使用されている天然ガス同等として供給することで、発電や熱供給に関わる設備を有しないこと、また消化液を肥料原料として利活用することで大規模な水処理設備を併設しないことから、イニシャルコストが最小化できると考えていた。一方、検討を踏まえると、消化液の処理には追加的な行程が加わることとなった。

フロー図を基に、インドネシアで事業を展開している設備機器メーカーや、現地の建設業等へのヒアリングを行った。詳細設計に基づいておらず、正確な試算をすることはできないものの、インドネシアにおける土木工事費が安価であることを鑑みると、消化液の処理に必要な工程を追加しても、当初の想定通り 10 億円での建設は可能性が高いことが分かった。建設費用については、10 億円をベースとしながら、事業性の検討においては感度分析を行うこととした。

(3) ランニングコスト

ランニングコストについて、下表の通りとなり、およそ 4500 万円となる。

表 3-7 ランニングコスト (100t/日)

項目	根拠	費用(千円/年)
人件費	30人×50千円/月×12か月と仮定	18,000
土地賃借	無償提供と仮定	0
使用電力量	現地電気代 8円/kwh より	6,336
工業用水	日本の約 1/10 程度と仮定	83
廃棄物処理費 (汚泥残渣)	汚泥は堆肥原料へ	0
廃棄物処理費 (廃プラ残渣)	現地処理費 4~5円/kg (運賃込み)より	8,580
下水道放流	液肥化及び河川放流のため無し	0
定期点検整備・環境測定・槽清掃	日本の約 1/10 程度と仮定	5,000
設備予備品・消耗品、工業薬品等	日本の約 1/10 程度と仮定	6,000
事務機器・フォークリフト等	日本の実績より推定	500
合計		44,499

出所) 調査チームにて作成

4. 廃棄物の組成・性状等調査

4.1 食品工場における実態調査

(1) 食品工場から排出される有機廃棄物処理の現状把握

第1回調査において、複数の日系食品工場を訪問し、その実態を確認した。その結果、食品工場から排出される廃棄物は、有価での取引、つまり回収業者へ廃棄物を販売する形で処理されているものが多いことが判明した。

また、発生する廃棄物の種類が、日本と比較すると限定的であることが分かった。メタン発酵においては、野菜、果物等や食品残渣等の、ある程度の水分量を含むものを投入することが望ましい。しかし、第1回渡航でヒアリングした食品工場では、原料ではなく既に加工された製品を仕入れ、最終製品を製造、包装、出荷しているため、製造工程で発生する残渣等の廃棄物が発生しにくいという実態が判明した。

この背景には、インドネシアにおいて食品工場を運営するためには、各プロセスに応じた許認可を取得する必要があることが挙げられる。加工食品を製造するためには、原料の調達、原料の加工、製品への加工、包装、出荷というプロセスがあるものの、「原料の調達、原料の加工」と、「製品への加工、包装、出荷」の双方の許認可を取得することは、その手続きの煩雑さから実施されていない。よって、工業団地における、特に日系や外資系の食品工場においては、「製品への加工、包装、出荷」のみを得て運営しているケースが多く、「原料の調達、原料の加工」については、原料の調達が容易な地方で行われていることが多い。つまり、原料生産地に近いエリアで「原料の調達、原料の加工」を行い、都市部に近く、流通という観点でも有利な西ジャワ州の工業団地などで「製品への加工、包装、出荷」が行われている。

加えて、日本と比較すると食品加工やセントラルキッチン等の一定量の食品残渣が見込める業界が未成熟という背景もある。これは、コールドチェーンが未成熟であり、加工食品の運搬が困難であること、既存の飲食店やレストランがケータリングサービスを行っていることが原因と考えられる。

(2) 食品工場から排出される有機廃棄物処理の分類

第1回調査を踏まえて、食品工場から排出される有機廃棄物について、その処理費用に応じて、1. 有価で売却される廃棄物、2. 無償で処理される廃棄物、3. 有償で処理される廃棄物、の3種類に整理した。

・ 1. 有価で売却される廃棄物

有価で回収された有機廃棄物は、家畜や魚の飼料、肥料等として使用されている。一方、その処理実態には不透明な点も多い。本事業は、食品工場から有償で有機廃棄物処理を受託するビジネスモデルを想定しているため、食品工場が既に有価で売却をする有機廃棄物を回収のターゲットとすることは困難であると考えられる。

・ 2. 無償で処理される廃棄物

無償で処理されている有機廃棄物については、本来であれば有価で売却が可能なプラスチック、鉄等の廃棄物を回収業者へ無償で提供する代わりに、有機廃棄物を0円で処理依頼するケース。つまり、無償とはいえ、回収業者、処理業者にとっては、コストをかけて処理を行っている有機廃棄物と捉えることができる。こうした観点から、回収業者や処理業者がコストをかけて処理している有機廃棄物については、当事業の検討対象とすることが可能と考えられる。

こうした、無償で処理されている有機廃棄物について、その処理方法は飼料や肥料の原料、および焼却処分とみられる。食品工場によっては、処理業者を定期的に訪問し、その処理実態を確認しているケースもあるが、多くは処理実態についてはモニタリングなどを行っていない。外資系企業を中心に、昨今重要視されている「食のトレーサビリティ明確化」の観点から、メタン発酵を理想的な適正処理としてアピールすることで、本事業の顧客になることは期待できると想定する。

・ 3. 有償で処理される廃棄物

有償で処理されている有機廃棄物に関しては、第1回調査で判明したのは、製造過程で発生する有機廃棄物、廃棄商品、そして汚泥類（スカム、スラッジ）の3種類であった。スカムとは、油泥や浮上汚泥とも称されるものであり、廃水処理工程で浮上してくる油分を多く含む廃棄物である。スラッジは、廃水処理工程で沈殿した汚泥となる。

この中で、製造工程で発生する有機廃棄物と、廃棄商品については、運送費を除いた上で、メタン発酵による処理費用として、3円/kg以上の処理費を得ることが可能となれば、提案事業にて受け入れが可能となる。

一方、汚泥類に関しては、比較的発生量も多く、処理コストも他の廃棄物に比べると高額となっている。ただし、これら汚泥類には多くの油分が含まれていると想定される。メタン発酵において、油分はガスを発生させる原料としては必要ではあるが、油分を含む廃棄物の割合が大きくなった場合、安定したメタン発酵を阻害する可能性がある。よって、日本では油脂を大量に含む廃棄物の受け入れについては、慎重に判断をしている。



図 4-1 汚泥類の一例

出所) 調査チーム撮影

4.2 廃棄物収集業者へのヒアリングと動向調査

(1) 食品工場から排出される有機廃棄物の回収業者

第1回調査において、複数の日系食品工場を訪問し、その実態を確認した。第2回調査においては、食品工場から排出される有機廃棄物の回収業者を訪問し、有機廃棄物の処理実態を調査した。

対象とした回収業者については、調査チームと秘密保持契約を締結し、調査に協力していただいた。対象企業にとって、クライアントである食品工場から排出される廃棄物の種類、性状、処理費用については秘密事項に当たるために、以下では詳細なデータについては記載を行わないこととする。また、対象企業については、以下ではA社と呼称する。

A社は、もともとは食品工場などの排水処理システムの導入や維持管理を請け負っていた企業である。クライアントである食品工場の要望に応える形で、排水処理から発生するスラッジなどの処理を行うようになった。引き受けたスラッジ等は、最終処分が可能な企業に処理を有償で委託している。第1回目調査で判明したように、スラッジなどは有償処理が一般的である。

スラッジの適正処理によって食品工場からの信頼を得たA社は、やがて外資系企業や日系企業から、製造工程で発生する有機廃棄物、出荷不適合となった製品、期限切れなどで返品された製品の処理を請け負うようになった。

こうした、スラッジ以外の有機廃棄物については、第1回調査において判明したように、一般的には、肥料や飼料として活用されるほか、埋め立て処理が実施されている。一方、外資系企業や日本企業の中には、有機廃棄物の適正処理や、出荷不適合製品や期限切れによる返品が再び市場に供給されないためのトレーサビリティの明確化を求めるケースもある。A社は、そのような外資系企業や日系企業をクライアントとし、スラッジ以外の有機廃棄物についても、スラッジと同等に近い価格で回収し、最終処分が可能な業者への処理委託を行っている。

A社は、有機廃棄物の適正処理を求め、比較的高額な処理費用を支払っている食品工場等のみをクライアントとしていることから、メタン発酵事業を展開するためには有望なパートナー候補であると考えられる。

(2) 回収可能な有機廃棄物

現状、A社が回収している産業系の有機廃棄物の種類を以下に示す。発生場所については、西ジャワ州の工業団地における食品工場と、西ジャワ州に位置するホテル・レストラン、スーパーやモールとなる。A社は、いずれのクライアントからも、比較的高額な処理費を得ており、メタン発酵事業へのネット収入として、少なくとも3円/kgを見込むことができる。

なお、A社からは、具体的な発生量のデータも受領しているが、同社との秘密保持契約に基づき、発生場所、種類のみを記載する。

表 4-1 A 社が回収可能な有機廃棄物

発生場所	種類
乳飲料（工場/流通倉庫）	出荷不可、返品
	スラリー(液状)
	スラッジ
アイスクリーム工場	出荷不可、返品
	スラリー(液状)
	スラッジ
ビスケット工場	出荷不可、返品
食品、飲料(パーム油)工場	出荷不可、返品
	スラッジ
ホテル・レストラン	生ごみ
スーパー・モール	生ごみ、食品残渣
合計：300トン/日	

出所) A 社からの提供情報を基に調査チームで作成

こうした情報を元に、A 社とともに個別の食品工場などを訪問し、廃棄物の組成や性状についての調査を行った。

・ 出荷不可製品、返品

食品工場では、余剰や検査による不適合、期限切れによって出荷が不可となった製品が発生していることが分かった。こうした廃棄物については、例えば下写真の左のように、包装材が少ない場合には、受け入れが可能である。一方、下写真の右のように、梱包材、包装材が大量に含まれる場合は、選別・破碎を行い、有機廃棄物を取り出す必要がある。

また、アイスクリームのように、油分が多い有機廃棄物については、大量に受け入れることは、メタン発酵プロセスに不具合を生じさせる可能性がある点に留意が必要である。



図 4-2 食品工場における出荷不可製品、返品の場合

出所) 調査チーム撮影

次に、スーパーやモールの配送センターを訪問した。ここでは、主に期限切れによって出荷ができない商品が発生している。食品工場と同様に、梱包材、包装材には注意が必要であるが、一部の廃棄物においては回収の際に段ボール等の梱包資材と中身を分けて回収していることも確認でき、メタン発酵の原料としては適した有機廃棄物が発生していることが分かった。



図 4-3 スーパーやモールの配送センター出荷不可製品、返品の場合

出所) 調査チーム撮影

・ スラリー

スラリーについて、A社では「工場における排水処理に適さない、液状の廃棄物」と分類している。主に、製造工程で発生する、液状の廃棄物を指している。スラリーについて、懸念点は油脂分の含有量が極めて高いという点となる。前述の通り、油脂分はメタン発酵の原料となりえるが、油脂分が多すぎるとメタン発酵プロセスに不具合が生じる可能性がある。



図 4-4 スラリーの例

出所) 調査チーム撮影

・ スラッジ

スラッジは、食品工場で排水処理を行った際に生じる、沈殿した汚泥を脱水処理したものである。食品工場由来ということで、重金属や有害な化学物質などは含まれておらず、含水率は 60-70%と想定され、比較的高い処理費が見込めることから、メタン発酵の原料とすることも検討可能と考えられる。



図 4-5 スラッジの例

出所) 調査チーム撮影

・ 組成・性状調査

余剰や検査による不適合、期限切れによって出荷が不可となった製品については、日本でも同様の製品があり、組成や性状調査を実施しなくてもバイオガスの発生量を推定することが可能である。

一方、スラリーやスラッジについては、その組成や性状調査を行ったうえで、メタン発酵の原料としての適合性を評価することとした。スラリーやスラッジについては、容易に発酵

するものであるため、日本に持ち帰っての分析は困難と判断し、インドネシアの分析会社にサンプルの分析を依頼した。しかし、分析会社は有機廃棄物の分析実績に乏しいこともあり、現時点で分析が完了していない。



図 4-6 分析サンプル

上左：スラッジ、スカム、スラリー、上右：排水、脱水汚泥、下：スラリー
出所) 調査チーム撮影

・ スラッジ、スラリーのメタン発酵への適合性

サンプルについては、第2回調査と第3回調査で収集したものであり、現地の分析機関による分析が完了していないことを受け、スラッジやスラリーのメタン発酵への適合性について、検討を行った。

スラリーについては、アイスクリーム、乳飲料、ヨーグルト等の乳製品製造工場、フィリング工場からのクリーム類、マヨネーズ・ドレッシング工場等から排出される、ライン切替時のロス品である。スラリーは、油脂濃度が高いため工場内の排水処理施設での処理ができず外部処理となっている。

これらスラリーは、バイオエナジーの城南島工場での油分管理数値の3%を超過するものである。しかし、食品残渣や野菜くずなど、他の有機廃棄物で希釈することにより、100t/日のうち20%程度の受入は可能と想定できる。更なる組成や性状調査を行ったうえで、メタン発酵への受け入れ可能性については慎重に検討を行う必要がある。

スラッジについては製造工場内の水処理後の脱水汚泥である。スラリーについて、取得したサンプルが発酵を始めていたのに対し、脱水汚泥であるスラッジについては発酵の兆候が見られなかった。よって、バイオガスの発生も少ないと考えられるため、インドネシアにおける受入は行わない事とする。また、スラッジは、機械の洗浄などで使用する薬品類が含まれる可能性がある。食品工場という性格から、人体に有害な化学物質が混入する可能性は低い。一方、金属製品である機械から発生する微小な金属くずなどが混入する可能性もあり、メタン発酵の原料としての適合性は低いと判断した。

4.3 100 トン/日規模の事業系有機廃棄物の組成・性状推計調査

組成・性状推計調査の結論として、メタン発酵の原料となる 100 トン/日の有機ごみは、日本の城南島工場で受け入れる 100 トン/日の組成、性状とほぼ同一とする、という方針を策定した。下図は、城南島工場で受け入れている有機廃棄物の内訳である。この内訳と、先に示した A 社が回収可能な 300 トン/日の有機廃棄物の内訳を比較した。その結果、排出源が異なるものの、A 社で回収可能な 300 トン/日の中で、ホテル・レストラン、スーパー・モールから排出される有機ごみと、出荷不可製品や返品のうち梱包材・包装材が少ないものを選択することで、日本で受け入れているものとほぼ同様の組成、性状の有機廃棄物を回収することが可能と考えられる。

この場合、処理費用が高額なスラリーの受け入れは限定的となるが、それでも A 社のクライアントは、他の処理業者と比較して高価な処理費用を排出者から受けている。平均すると、メタン発酵事業へのネット収益として、3 円/kg を確保することができる見込みである。

一方、今後の課題として、スラリーもメタン発酵の原料とする点については、検討を継続させていきたいと考えている。バイオエナジーは、日本国内において、油脂分解における研究・実証実験を始める予定である。この油脂分解技術を適用できれば、インドネシアをはじめとする東南アジアにおけるバイオガス事業の実現可能性は飛躍的に高まると想定される。

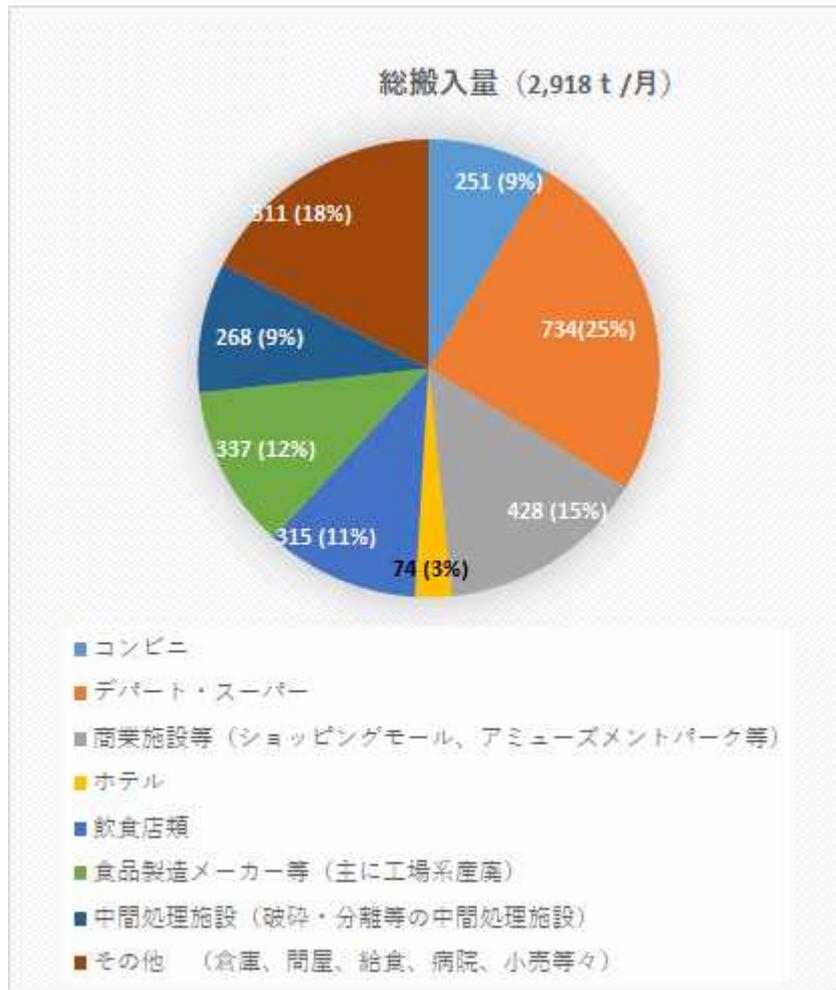


図 4-7 日本におけるメタン発酵事業の受入れ廃棄物排出源 (調査チーム作成)

5. 現地政府・企業等との連携構築

5.1 行政機関 中央省庁

(1) 環境林業省

インドネシアにおいて、廃棄物政策を管掌しているのは環境林業省である。環境林業省を訪問し、1. 有機廃棄物に関する政策、2. 産業廃棄物に関する政策についてのヒアリングを実施した。

有機廃棄物について、政策の優先順位は家庭などから排出される一般廃棄物処理であった。現状、一般廃棄物については、プラスチックや金属類等の有価物はウェストピッカーなどが収集し、リサイクルされている。そのほかの廃棄物は、中央政府が建設し、地方自治体が運営する最終処分場にて埋め立て処理されている。一般廃棄物に含まれる有機廃棄物を分別し、コンポスト化することで、最終処分場への搬入量を削減しようとする地方自治体も存在している。が、一般的には家庭から排出される有機廃棄物は、最終処分場において埋め立て処理されている。

産業廃棄物については、有害廃棄物の適正処理に重点を置いている。一方で、既述の通り、産業分野における有機廃棄物処理については、その実態も把握されておらず、リサイクル法などの施行も検討されていない。

産業系有機廃棄物については、民間企業による処理が実施されており、その実態が不明である点、直ちに環境汚染を引き起こすものではなく、政策的な優先順位が低いというのが実態である。インフラ整備を担当する公共事業・国民住宅省や地方政府においても、政策動向や優先順位は同様であるということであった。

提案事業については、インドネシアの廃棄物管理やリサイクルを進めるものとして評価するというコメントがあった。

(2) 農業省

消化液の活用方法について、農業省へのヒアリング、協議を行った。既述の通り、農業省は、有機肥料や土壌改良剤、バイオ肥料を活用することで、化学肥料の使用を抑制し、化学肥料による営農によって「痩せた土壌」を改良し、農業の生産性を向上させることを目指している。有機固形肥料については、PUPUK INDONESIA 傘下の肥料工場等によって生産が行われているものの、有機液体肥料や土壌改良剤、バイオ肥料については、普及しているとは言えない段階にある。

農業省には、第4章で示したような消化液の活用方法を紹介し、その効果については一定の理解を得ることができた。しかし、消化液を活用するためには、国の基準を満たす必要があるという点は、度々指摘された。

調査チームより、消化液をバイオ肥料として活用することを打診したところ、まずは基準を満たすこと、さらには以下のプロセスにて承認を得ることが必要とのことであった。

1. 分析機関にて、3回の成分分析
2. 農業省の研究所にて検査
3. 試験農場での実験
4. 農業省における承認

また、農業省は、西ジャワ州に稲作の研究所を有しており、消化液のバイオ肥料としての有効性については、研究所と協力して検証することも可能とのコメントを得た。

農業省においては、欧州において主流となっている「消化液の牧草地への散布」についてのヒアリングを行った。農業省として、消化液の肥料としての有効性は評価できるものの、畜産飼料として大規模な牧草地の開発は、ジャワ島から離れたスラウェシ島やスンバ島で実施されているということであった。ジャワ島においては、小規模の農家が牧草を栽培しており、効率的な消化液の散布は困難とみられる。農業省において飼料を担当する部署からも、消化液は稲作に用いるのがよいという示唆があった。

結論としては、農業省としては、消化液が有する、化学肥料の使用の抑制、土壌改良効果への貢献可能性についてはその効果を認めながらも、政府が規定する仕様を満たすことが必要という見解であった。

5.2 行政機関 地方政府

地方政府に関しては、環境林業省へのヒアリングから、産業系有機廃棄物の適正管理については政策的優先順位が低いことが分かったために、訪問調査の対象外とした。

一方、消化液の利用については、西ジャワ州のブカシ県、スバン県の農業局を訪問して、協議を行った。

(1) ブカシ県農業局

ブカシ県は、ジャカルタ首都圏（ジャボデタベック都市圏）に位置し、首都ジャカルタのベッドタウン的性質、工業団地が存在している産業地域としての性質、営農地域としての性質を併せ持っている。こうした背景もあり、ブカシ県の計画では、現状 35,000ha の農地が、都市化や開発などにより 25,000ha になる予定としている。一方、農業局としては、農地が縮小した場合でも、農業生産性を向上させることで、収穫量の減少は最小限にしたいという意向を有している。農業省と同様に、農業生産性を改善させるために、有機肥料や土壌改良剤、バイオ肥料の投入は必要であるという認識も有していた。

消化液の効果について説明を行ったが、その効用を認めていただくことができた。施肥については、日本のように散布機器を用いるのではなく、農家が手作業で散布することも可能であるという意見もあった。もし、消化液がインドネシア政府の肥料等の基準を満たすことができ、現状の肥料と同価格で販売することができるのであれば、農業局としてはその使用を推進したいという意向も聞くことができた。

(2) スバン県農業局

スバン県は、PUPUK KUJANG の肥料工場が位置するチカンペックに隣接している。西ジャワ州においては、カラワン県、インDRAMU県（北東部）に次ぐ、第三の農業生産地である。稲作の営農地は 84,570ha、輸出作物の営農を含む畑作の営農地は 5,700ha に上る。稲作については、インドネシアの主食であり、その持続可能な生産については農業局のミッションとなっている。

農家においては、NPK（窒素・リン酸・カリウムの複合肥料）、尿素などの化学肥料に依存しているものの、農業局としては、2025 年までにすべての農家において有機肥料や土壤改良剤、バイオ肥料を使用し、農業生産性を向上させることを計画している。

農業省や、ブカシ県農業局と同様に、化学肥料の使用を抑制し、土壤を改良することを目標としており、消化液由来のバイオ肥料や有機肥料への関心は高かった。

農業局の職員からは、もし消化液由来のバイオ肥料が、40 円/リットルで散布できる場合、農家に使用を推奨したいという声も聞かれた。一方、消化液由来のバイオ肥料や有機肥料を活用するためには、政府の基準を満たすことは必須であるという見解であった。

5.3 国営肥料会社グループ

(1) 提案の需要可能性

国営肥料会社グループのホールディングカンパニー・統括会社である PUPUK INDONESIA と、その傘下にある肥料製造会社 PUPUK KUJAN とは、3 回の調査において協議を行った。PUPUK INDONESIA は、総論としては提案事業について賛同している。一方、肥料製造工場を運営する PUPUK KUJAN からは、既述の通り、既存の肥料製造工程の改変について、特に現場の機器の維持管理に当たるエンジニアからは、否定的な意見があった。

今後の課題は、PUPUK INDONESIA の経営陣との協議を進め、提案事業が 1. 有機肥料の活用による土壤改善、2. 化学肥料の使用抑制による土壤改善、3. 温室効果ガスの削減に貢献するものである点をアピールし、費用工場におけるメタン発酵設備の導入に向けた協議を行う必要がある。

(2) R&D センター構想

PUPUK INDONESIA は、肥料製造会社 PUPUK KUJAN の用地に、肥料の研究開発拠点として R&D センターの設立を計画している。既に 4.5ha の用地は確保されており、調査チームに「R&D センターにおける事業提案」を要請した。

これに応じる形で、調査チームは最大 200 kg/日の有機肥料を受け入れ可能なテストプラントによる、小規模のパイロット事業の展開を提案した。必要な用地は、300m² 程度であり、施肥する田畑も必要となる。PUPUK KUJANG の用地は 4,500ha に及び、既に 4.5ha が R&D センターの用地として確保されている上に、敷地内には実験用の圃場があり施肥実験に活用することができる。

パイロット事業を実施する目的を以下に整理した。また、パイロット事業で導入する、200 kg/日の産業系有機廃棄物を受け入れるテストプラントのフロー図を作成した。消化液を活

用した有機固形肥料の製造には、JICA 普及・実証事業として設置された、「発酵減圧乾燥機」⁶を活用することを想定した。

表 5-1 R&D センターで展開するパイロット事業の実施項目と目的

実施項目	目的
1. 受け入れ有機廃棄物の種類に応じたメタン発酵実験と評価 (産業系有機廃棄物、スラリー、スラッジ等)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 様々な種類の廃棄物を投入し、バイオガスの発生量、成分を測定、評価する。 ・ 特に、スラリーやスラッジについては、メタン発酵との親和性を明らかにする。 ・ 生成されたバイオガスを用いて、ガス発電機を稼働させ、電力を R&D センターに供給する
2. 受け入れ有機廃棄物の種類に応じた消化液評価 (産業系有機廃棄物、スラリー、スラッジ等)	<ul style="list-style-type: none"> ・ メタン発酵の副産物である消化液について、国が定める有機肥料やバイオ肥料としての適性を評価する。 ・ 複数種類の廃棄物に応じた消化液の評価を行う。
3. 消化液の散布方法の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・ 稲作について、用水路への液肥（バイオ肥料）の流し込みによる施肥方法を検討。 ・ 日本で主流の、自走型の散布機器の活用を検討する。 ・ パイプによる散布、手作業による散布についても実践を行い、実現可能性を検討する。
4. 消化液の施肥実験	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2. によって発生する消化液を施肥して、その効果を評価する。 ・ バイオ肥料としては、基準に示された有効性についての検証を行う。 ・ 肥料効果については、「肥料施肥なし」「化学肥料の施肥」「消化液由来の肥料施肥」を行い、収穫量の比較を行う
5. 商業用プラントの設計	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上記を元に、100 トン/日の産業系有機廃棄物を受け入れる、メタン発酵プラントの設計を行う。 ・ 100 トン/日の産業系有機廃棄物の理想的な組成を決定する。特に、スラリーやスラッジの受け入れ量を増やし、事業性を高めることを目指す。 ・ 副産物である消化液の活用方針を策定し、それに適したシステムを設計する。

出所) 調査チームにて作成

⁶ インドネシア国 バリ島デンパサール市における一般 廃棄物の循環・分散型処理 普及・実証事業 報告書 <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12325007.pdf> (閲覧日 2020 年 2 月 20 日)

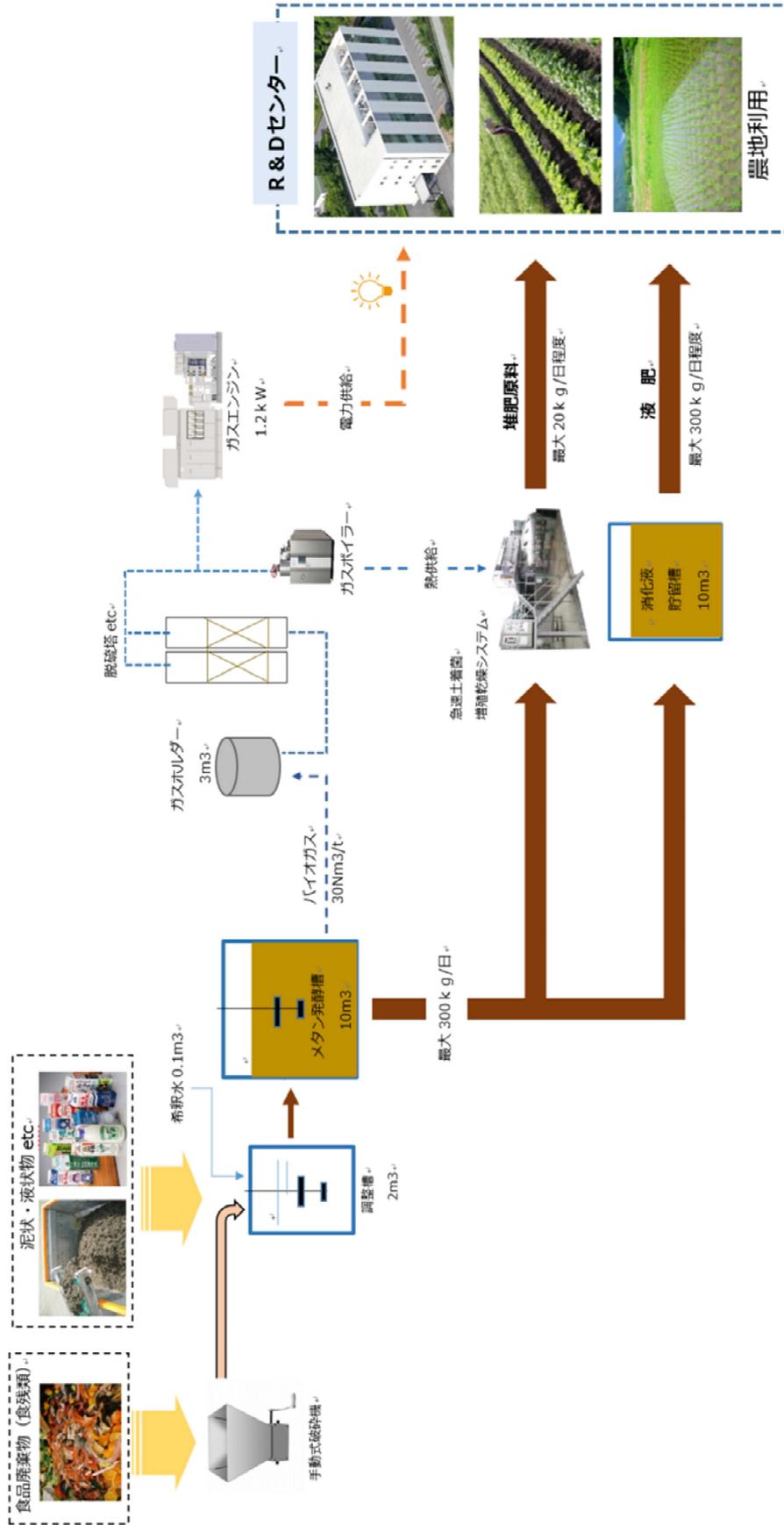


図 5-1 200 kg/日の産業系有機廃棄物を受け入れるテストプラントのフロー図
 出所) 調査チームにて作成



図 5-2 PUPUK KUJANG における R&D センターの用地

R&D センターにおけるパイロット事業については、PUPUK INDONESIA、PUPUK KUJANG とも賛同の意を示した。インドネシアにおいては、産業系有機廃棄物を活用したメタン発酵事業の実例がないために、パイロット事業を実施することで、バイオガスや消化液の活用方法を示すことができる。

当調査においては、バイオエナジー城南島工場で生成するバイオガスの成分や、消化液の成分を示し、消化液についてはサンプルを持参してのプレゼンテーションを実施した。一方、「百聞は一見に如かず」であり、インドネシアの産業系有機廃棄物を活用したパイロット事業を実施することで、提案事業への理解が深まると想定される。

また、バイオガスの受け入れに難色を示した PUPUK KUJANG のエンジニアに対しても、バイオガスの肥料工場における受け入れ方法について、パイロット事業を通して協議が可能とみている。エンジニアも、R&D センターによるパイロット事業の実施を歓迎するという意向を示した。

R&D センターの建設については、その予算は PUPUK INDONESIA が負担することを想定している。PUPUK INDONESIA によると、最終的な目標である 100 トン/日の産業系有機廃棄物を受け入れたメタン発酵事業について、経営陣が理解を示せば、パイロット事業の予算を確保し、バイオエナジーと協力したテストプラントの建設と運用が可能ということであった。一方、パイロット事業を、予算確保を含めて PUPUK INDONESIA が主導する場合、相当の時間を要することも想定される。

仮にという前置きの上で、「日本政府がパイロット事業の費用を負担して、テストプラントを建設することを受容できるか」という質問に対しては、受け入れは可能という返答であった。PUPUK INDONESIA 及び PUPUK KUJANG は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の実証事業を経験しており、日本の支援によるパイロット事業の実施については、前向きに検討することができるとのことであった。

結論として、PUPUK INDONESIA の経営陣への説明機会を伺い、賛同を得た上で、R&D センターにおけるパイロット事業の実施について検討を進めることとした。調査期間中に、

PUPUK INDONESIA の重要な意思決定者である、筆頭監査役の Prof. Dr. Bungaran Saragih の秘書と面会し、事業説明を行う機会を得た。秘書より、Saragih 氏に事業の説明を行った上で、今後、対面でのプレゼンテーションや事業説明の機会を伺う、という方針が示された。

R&D センターにおけるパイロット事業を実施することで、バイオガスの活用、消化液のバイオ肥料や有機肥料としての活用についても、科学的な根拠を元に、その有効性を示すことができると考えている。パイロット事業については、可能であれば、日本の補助事業などの活用も視野に入れたい。

5.4 廃棄物収集・運搬業者

第4章で調査協力をお願いした、廃棄物収集・運搬業者 A 社と、今後の連携に向けた協議を行った。

(1) 収集可能な有機廃棄物

第4章で示したように、現状で A 社は 300 トン/日の産業系有機廃棄物を収集している。A 社のクライアントは、外資系企業や日系企業であり、既存の埋め立て方式による処理ではなく、環境負荷が低い施設で最終処分を行い、トレーサビリティを明らかにしている民間の業者に処理を委託している。最終処分業者のキャパシティには限界があり、中長期的な事業を見据えて、A 社は産業系有機廃棄物については他の処理方法を模索している。メタン発酵事業が実現化した場合、既存の最終処分業者への処理委託量を分散させ、A 社が取り扱う有機廃棄物の量を増加させることができる。A 社によると、外資系企業や日系企業を中心に、有機廃棄物の適正処理に関する関心は高まっており、メタン発酵事業を実現することで、潜在的な市場ニーズに応えることができると考えている。こうした背景から、A 社は提案事業への関心が高く、調査にも積極的に協力いただけることとなった。

当調査による方針として、A 社が回収可能な 300 トン/日の中で、ホテル・レストラン、スーパー・モールから排出される有機ごみと、出荷不可製品や返品のうち梱包材・包装材が少ないものを選択することで、日本で受け入れているものとはほぼ同様の組成、性状の有機廃棄物を回収することとした。一方、パイロット事業を通して、処理費が高額なスラリー類のメタン発酵への適応可能性が明らかになれば、より事業性は高まることとなる。

結論として、A 社を有力な候補として、日本のバイオエナジー城南島工場で受け入れている廃棄物と同じ種類の、100 トン/日の産業系有機廃棄物を収集することは可能であるといえる。

(2) 消化液の活用可能性

A 社は、外資系企業や日系企業を中心とした、産業系有機廃棄物の適正処理ニーズを掘り起こすためにも、早期のメタンガス事業の実現化を要望している。調査チームより、課題となるのは消化液の活用方法であることを説明した結果、A 社は消化液の活用可能性を検討の上で、様々な示唆を提供した。既述のブカシ県、スパン県の農業局との面会についても、A 社のアレンジの上で実施したものである。

A社は、消化液を茶畑に散布するアイデアを提案した。一般的に、茶の生育には大量の窒素分が必要であることが知られている。そういった観点からは、窒素分を含む消化液を施肥することには合理性がある。A社によると、西ジャワ州のブンチャック地区には、Waliniブランドで茶製品を製造する企業が保有する、広大な茶畑が存在している。今回の調査期間中に、茶畑を訪問することができなかったものの、今後機会をみて消化液の散布可能性について、協議を行いたい。

(3) 今後の提携について

A社は、R&Dセンター構想にも賛同を示している。R&Dセンターにおけるパイロット事業を、食品関連工場などに紹介することで、産業系有機廃棄物の新たな処理方法をプロモートすることができると考えられる。また、R&Dセンターへの有機廃棄物の搬入についても協力可能であるとの意向を示した。

A社からは、今後の事業展開を見据えた、MOU等の締結を打診されているところ、当調査の結果を踏まえて、締結を検討する予定である。

6. 現地関係者合同ワークショップの開催

ワークショップの開催を検討したが、関連するステークホルダーが地理的に点在していることから、主要ステークホルダーを個別訪問した上で、報告会を実施することとした。

報告会に当たっては、これまでの調査結果、及び第7章で示す実現可能性の評価を取りまとめ、プレゼンテーション資料を作成した。プレゼンテーション資料は、別添資料として示す。

以下に、最終報告会の訪問先と、賛同を得られた点、課題として提示された点を整理した。課題を解消するためには、今後、1. PUPUK INDONESIA 経営陣からの賛同を得ること、2. R&D センターにおけるパイロット事業を展開すること、というアクションが必要となる。

表 6-1 最終報告会の結果

訪問先	賛同	課題
PUPUK INDONESIA (ジャカルタ)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 提案事業にはおおむね賛同 ・ R&D センターにも賛同 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経営陣への説明と提案事業への同意を得ること ・ PUPUK KUJANG から技術的な受容性について協議すること
PUPUK KUJANG (チカンペック)	<ul style="list-style-type: none"> ・ R&D センターにおけるパイロット事業には賛同 	<ul style="list-style-type: none"> ・ PUPUK INDONESIA 経営陣への説明と提案事業への同意を得ること ・ プラント改変を伴うバイオガスの受け入れには後ろ向き ・ 消化液のバイオ肥料や有機肥料としての活用については、国の基準に適合させること
農業省 (ジャカルタ)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消化液による、化学肥料使用の抑制、土壌改良効果は認める ・ R&D センターにおけるパイロット事業には賛同 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消化液のバイオ肥料や有機肥料としての活用については、国の基準に適合させること ・ 農業省の稲作研究所との共同研究を推奨
地方政府 (ブカシ県及びスバン県の農業局)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消化液による、化学肥料使用の抑制、土壌改良効果は認める ・ R&D センターにおけるパイロット事業には賛同 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消化液のバイオ肥料や有機肥料としての活用については、国の基準に適合させること
収集運搬会社 A 社 (ブカシ県)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 産業系有機廃棄物を対象としたメタン発酵事 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 茶畑への液肥施肥可能性を検討したい

	業に賛同 ・ R&D センターにおけるパイロット事業には賛同 ・ 他のステークホルダーから示された懸念点の解消に協力する意向	
日系商社 日系設備機器メーカー (ジャカルタ)	・ インドネシアにおける廃棄物関連ビジネスに関心が高い ・ 事業性があれば、出資検討が可能	・ 事業の鍵を握る、バイオガスの受容性、消化液の受容性を明らかにすること

出所) 調査チームにて作成



図 6-1 左 : PUPUK INDONESIA、右 : PUPUK KUJANG

出所) 調査チーム撮影

7. 実現可能性の評価

7.1 事業採算性

(1) 前提条件

事業採算性を検討する上で、これまでの調査結果を踏まえて、以下の条件を設定した。

表 7-1 初期費用 (100t/日)

項目	根拠	費用(千円/年)
設備費	800,000 千円	800,000
土木建設費	プラント費用の 20%	200,000
合計		1,000,000

出所) 調査チームにて作成

表 7-2 ランニングコスト (100t/日)

項目	根拠	費用(千円/年)
人件費	30 人×50 千円/月×12 か月と仮定	18,000
土地賃借	無償提供と仮定	0
使用電力量	現地電気代 8 円/kwh より	6,336
工業用水	日本の約 1/10 程度と仮定	83
廃棄物処理費 (汚泥残渣)	汚泥は堆肥原料へ	0
廃棄物処理費 (廃プラ残渣)	現地処理費 4~5 円/kg (運賃込み)より	8,580
下水道放流	液肥化及び河川放流のため無し	0
定期点検整備・環境測定・槽清掃	日本の約 1/10 程度と仮定	5,000
設備予備品・消耗品、工業薬品等	日本の約 1/10 程度と仮定	6,000
事務機器・フォークリフト等	日本の実績より推定	500
合計		44,499

出所) 調査チームにて作成

表 7-3 収益 (100t/日)

項目		収益(千円/年)
産業系有機廃棄物処理費	3 円/kg×100 トン/日×330 日	99,000
バイオガス販売	38 円/m ³ (天然ガス価格) ×9,500Nm ³ /日 (バイオガスに含まれるメタンガス量) ×330 日	119,130
液肥販売費	無償 (0 円) にて供給	0
合計		218,130

出所) 調査チームにて作成

(2) 評価

上記を元に、事業期間を 20 年として、IRR と初期費用回収年数を算出した。初期費用については、10 億円という規模感から、バイオエナジー、親会社の市川環境ホールディングス、日系商社からの出資とし、金融機関からの借入れは行わないと想定している。

また、評価においては、概算数値を使用していることもあり、算出においては、インフレ率や正味現在価値 (NPV) は考慮していない。

結果として、調査前の目標としていた IRR (20 年) について、15%というハードルレートを満たすことができた。液肥の販売益を無償 (0 円) としても事業性を確保できた理由は、A 社と協力することで、調査前の想定よりも高額な処理費にて、産業系有機廃棄物を収集できることに起因している。より処理費が高額なスラリーを受け入れることができれば、事業性はさらに高まると考えられる。

表 7-4 事業性評価 (100t/日)

項目	根拠	金額(千円/年)
初期費用		1,000,000
年間ランニングコスト		44,499
年間収入		218,130
年間収益	年間収入－年間ランニングコスト	173,632
IRR (20 年間)		16.25%
初期費用回収年数		5.9 年

出所) 調査チームにて作成

(3) 感度分析

上記の評価を元に、前提条件の中から「初期費用」と「バイオガスの販売価格」を対象に、感度分析を行った。

前提条件である、10 億円の初期費用については、インドネシアで事業を展開している日

系設備機器メーカーや、現地の建設業等へのヒアリングを通して、実現可能性が高いと考えられる。初期費用を高く設定することができれば、バイオガスの成分を天然ガスに近づける装置を導入することが可能となり、提案の受容性は高まる。初期費用を削減する方向になれば、プラントの簡素化などを検討する必要がある。費用の低減については、日系設備機器メーカーや、現地の建設業等へのヒアリングから、プラントの簡素化等により実現は可能と考えられる。

天然ガスの販売価格については、現状ではヒアリング結果から 38 円/m³ としている。バイオガスの販売価格を、天然ガスよりも安価にすることが可能となれば、PUPUK INDONESIA 及び PUPUK KUJANG の提案事業への受容性が高まることから、感度分析の対象とした。

下表は、感度分析の結果となる。黄色でハイライトした部分は、前項で検討した IRR と初期費用回収期間となる。

表 7-5 IRR の感度分析 (100t/日)

IRR(20年)	基準	バイオガス販売価格(円/m ³) ※処理費は3円/kgで固定							
	16.2%	¥26	¥28	¥30	¥32	¥34	¥36	¥38	¥40
初期費用 (千円)	¥750,000	16.98%	17.88%	18.77%	19.65%	20.53%	21.40%	22.26%	23.13%
	¥800,000	15.77%	16.63%	17.48%	18.31%	19.15%	19.97%	20.79%	21.61%
	¥850,000	14.69%	15.51%	16.32%	17.12%	17.91%	18.70%	19.48%	20.25%
	¥900,000	13.71%	14.50%	15.27%	16.04%	16.80%	17.55%	18.29%	19.04%
	¥950,000	12.82%	13.57%	14.32%	15.06%	15.78%	16.51%	17.22%	17.93%
	¥1,000,000	12.00%	12.73%	13.45%	14.16%	14.86%	15.56%	16.25%	16.93%
	¥1,050,000	11.25%	11.95%	12.65%	13.34%	14.01%	14.69%	15.35%	16.01%
	¥1,100,000	10.55%	11.24%	11.91%	12.58%	13.23%	13.88%	14.52%	15.16%
	¥1,150,000	9.91%	10.57%	11.23%	11.87%	12.51%	13.14%	13.76%	14.38%
¥1,200,000	9.30%	9.95%	10.59%	11.22%	11.84%	12.45%	13.05%	13.65%	

出所) 調査チームにて作成

表 7-6 初期費用回収年数の感度分析 (100t/日)

投資回収年数	基準	バイオガス販売価格(円/m ³) ※処理費は3円/kgで固定							
	5.9	¥26	¥28	¥30	¥32	¥34	¥36	¥38	¥40
初期費用 (千円)	¥750,000	5.7	5.4	5.2	5.0	4.8	4.6	4.4	4.3
	¥800,000	6.0	5.8	5.5	5.3	5.1	4.9	4.7	4.6
	¥850,000	6.4	6.1	5.9	5.6	5.4	5.2	5.0	4.8
	¥900,000	6.8	6.5	6.2	5.9	5.7	5.5	5.3	5.1
	¥950,000	7.1	6.8	6.5	6.3	6.0	5.8	5.6	5.4
	¥1,000,000	7.5	7.2	6.9	6.6	6.3	6.1	5.9	5.7
	¥1,050,000	7.9	7.5	7.2	6.9	6.6	6.4	6.2	5.9
	¥1,100,000	8.2	7.9	7.5	7.2	7.0	6.7	6.4	6.2
	¥1,150,000	8.6	8.2	7.9	7.6	7.3	7.0	6.7	6.5
¥1,200,000	9.0	8.6	8.2	7.9	7.6	7.3	7.0	6.8	

出所) 調査チームにて作成

結果として、バイオガスの販売価格を、現状の 38 円の 68%に当たる 26 円/m³ とした場合でも、初期費用を 8 億円に抑えることができれば、15%の IRR を確保できることが判明

した。日系の設備機器メーカーへのヒアリングによると、システムの簡素化、現地調達比率を高める等の施策により 20%のコスト削減は実現可能な範囲であり、バイオガスの受け入れに難色を示していた PUPUK KUJANG にコストメリットを示すことで、受容性の高い提案が可能となる。

(4) 競合状況分析

インドネシアでは、産業系食品廃棄物を対象としたメタン発酵事業は実施されておらず、直接的な競合事業は存在していない。

既存の産業系食品廃棄物処理業者について、A 社が処理を委託している業者は比較的高度な廃棄物処理に対応した施設を運用しており、処理能力のキャパシティーに限界がある。メタン発酵事業の対象となる廃棄物は、必ずしも高度な廃棄物処理が必要なものではなく、処理業者にとっては処理能力を維持することができるというメリットが生じる。

A 社にとっては、特に外資系企業に対して産業系食品廃棄物を原料とし、エネルギーと肥料原料を供給する事業は、1. 廃棄物の適正処理、2. CO₂ 削減にもつながるリサイクルの提案、3. メタン発酵事業に有機廃棄物を搬入することで現状の処理会社の処理キャパシティーを考慮する必要がなくなり潜在的な市場を拡大できる可能性が高まる、というメリットを生み出すことができる。

このように、メタン発酵事業については、新たな競合状態を作り出すものではなく、むしろ産業系食品廃棄物のステークホルダーに対してのメリットを提示できるものである。

7.2 事業実施体制

事業実施体制については、調査開始前の想定通り、バイオエナジーと、親会社である市川環境ホールディングス、国営肥料会社グループのホールディングカンパニー・統括会社である PUPUK INDONESIA を中心として、PUPUK INDONESIA の傘下にある肥料製造会社 PUPUK KUJANG の用地において、合弁会社や SPC を組成することを想定している。

PUPUK INDONESIA としては、提案事業の初期費用が 10 億円という点について、国営肥料会社は 2017 年の売上が 4700 億円に上る大企業であることから、設備投資としては許容可能という見解を示した。PUPUK INDONESIA の経営陣が提案事業を評価する場合、出資の可能性は高いと考えられる。

日系商社や日系設備機器メーカーとも協議を行った結果、インドネシアにおける事業機会の創出を目指しており、提案事業への関心が高いことが分かった。実現可能性が高い事業については出資を検討することが可能としており、提案事業への参画可能性は十分にあるとみている。

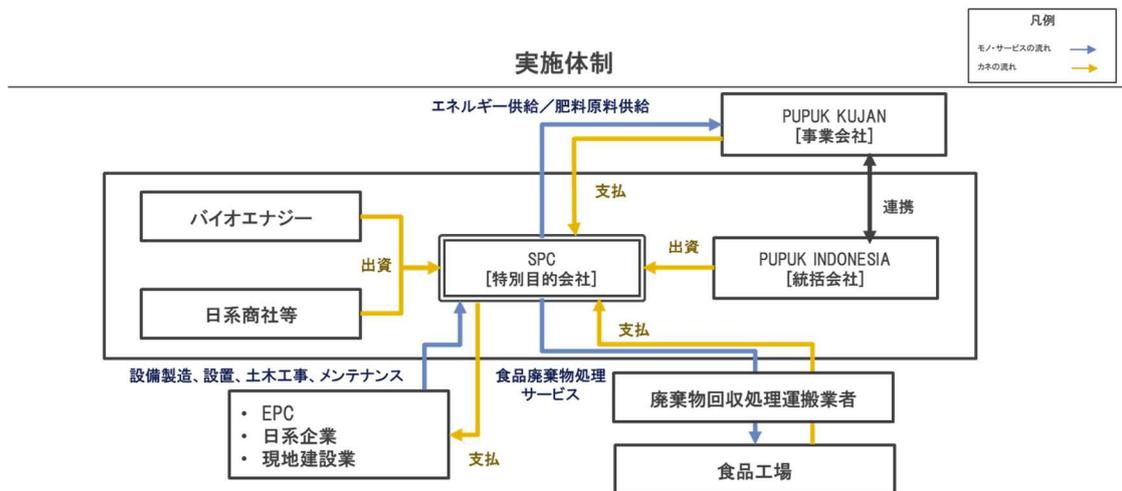


図 7-1 事業スキーム

出所) 調査チーム作成

7.3 環境負荷削減効果

100 トン/日の産業系食品廃棄物をメタン発酵させ、ガスを活用することによって、メタンガスの大気放出を回避させることが可能である。また、メタンガスを、化石燃料由来のエネルギーを代替するものとして利用することで、CO₂ 排出削減量を削減させることができる。

調査の結果として、当初想定通り 100 トン/日の産業系食品廃棄物を処理し、バイオガスについては熱需要を代替する事業を実施することに実現可能性があることが判明した。

IPCC のパラメータを使用した試算の結果、調査前の想定通り 5.9 万トン/年の CO₂ 排出削減が可能である。

[A : メタン回避による CO₂ 排出削減量]

52,981 トン CO₂/年・・・A

＝年間バイオガス発生量：6,270 千 m³×メタン比率：50%×メタン密度：0.676kg/m³×メタンの地球温暖化係数：25tCO₂/tCH₄÷1,000

[B : 熱需要の代替による CO₂ 排出削減量]※天然ガスをバイオガスで代替した場合

6,331 トン CO₂/年・・・B

＝年間バイオガス発生量：6,270 千 m³×メタン比率：50%×メタンの低位発熱量：36MJ/m³×天然ガスの排出係数：0.0561 トン CO₂/GJ÷1,000

[C : 事業活動における CO₂ 排出量]

604 トン CO₂/年・・・C

＝メタン発酵施設の年間消費電力：792MWh/年×排出係数：0.763tCO₂/MWh(JAMALI グリッドのコンバインドマージン)

[CO₂ 排出削減量]

58,708 トン CO₂/年

= (A : 52,981 トン CO2/年+B : 6,331 トン CO2/年) -C : 604 トン CO2/年

7.4 社会的受容性

これまでの調査を踏まえて、社会的受容性を検討した。

(1) 有機廃棄物の削減

提案事業については、A社が取り扱う産業系有機廃棄物を対象としている。A社は、民間の最終処分業者に処理を委託しているが、メタン発酵事業を実施することで、民間の最終処分業者の負荷を分散し、持続可能な有機廃棄物の適正処理が可能となる。

A社以外の業者が収集している産業系廃棄物について、肥料や飼料としての再利用ができないものは、地方政府が運営する埋め立て処分場へ搬入されている。こうした埋め立て処分場については、その処理キャパシティがいずれ限界を迎えることが想定されている。メタン発酵事業がインドネシアにおいて普及することで、埋め立て処分場へ搬入されていた産業系有機廃棄物を削減させることが可能となる。

(2) 肥料工場における受容性

PUPUK INDONESIA は国営企業であり、税引き後利益の2%相当をCSR活動に充当することが政府より義務付けられている⁷。2017年のPUPUK INDONESIAの税引き後利益は246億円であり、約5億円をCSR活動に充てる義務がある。PUPUK INDONESIAでは、社会的責任を果たすための取り組みとして、エネルギー利用の効率化や代替エネルギーの導入によるエネルギーコストの削減と、CO2排出削減への取り組みが掲げられている。提案事業を実現させることで、PUPUK INDONESIAの社会的責任を果たすことに寄与することができる。

また、PUPUK INDONESIAは、農業省の有機肥料や土壌改良剤、バイオ肥料を活用することで、化学肥料の使用を抑制し、化学肥料による営農によって「痩せた土壌」を改良し、農業の生産性向上を図る、という目標に即した肥料などの製造が求められている。消化液由来のバイオ肥料や、有機肥料の製造は、農業省やPUPUK INDONESIAのミッションと合致するものである。

メタン発酵事業については、既存の肥料製造工場の敷地内で実施するものである。PUPUK KUJANGによると、事業化については詳細な計画に基づく、許認可の取得が必要となるが、既に肥料工場としての許認可を得ているために、手続き的な懸念点はないと想定される。一方、PUPUK KUJANGからは、臭気や排水基準を満たしているか否かの懸念が示されたが、提案した処理フローでは、インドネシアの臭気や排水基準を満たすことを前提にしているため、受容性に関する問題はないと考えられる。

⁷ SALINAN PERATURAN MENTERI NEGARA BADAN USAHA MILIK NEGARA NOMOR PER-05/MBU/2007 TENTANG PROGRAM KEMITRAAN BADAN USAHA MILIK NEGARA DENGAN USAHA KECIL DAN PROGRAM BINA LINGKUNGAN
<http://jdih.bumn.go.id/baca/PER-05/MBU/2007.pdf> (閲覧日 2020年2月20日)

(3) 既存の廃棄物収集業者における受容性

当事業の実施については、A 社による既存の廃棄物収集体制をそのまま活用することを想定している。既述の通り、A 社は、提案事業の実現により得るメリットが多く、受容性は非常に高いといえる。

(4) 食品関連工場における受容性

A 社がクライアントとする、外資系企業や日系企業を中心に、産業系有機廃棄物の適正処理ニーズは顕在化している。メタン発酵事業を展開することで、潜在的な食品関連工場等におけるニーズに応えることが可能となる。

7.5 事業化における課題等

これまでの調査を元に、事業化における課題と、その対応策を整理した。

表 7-7 事業化における課題と、その対応策

課題	対応策
メタン発酵原料としてスラリーの受け入れ	<ul style="list-style-type: none"> ・ スラリーの組成、性状分析 ・ R&D センターにおけるパイロット事業による実証
バイオガスの天然ガス代替燃料としての活用	<ul style="list-style-type: none"> ・ R&D センターにおけるパイロット事業による実証
消化液のバイオ肥料、有機肥料としての評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ R&D センターにおけるパイロット事業による実証により、農業省が定めるバイオ肥料、有機肥料としての基準への適合性を検証 ・ 稲作や畑作における化学肥料の施肥実態の調査と受容性の確認 ・ 茶畑など、大規模農園への施肥可能性検討
消化液の散布方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ R&D センターにおけるパイロット事業による実証（自走式散布機の導入検討、パイプを用いた施肥、手作業による施肥等の検討）
SPC の組成	<ul style="list-style-type: none"> ・ R&D センターにおけるパイロット事業を踏まえた、事業計画の策定 ・ 市川環境ホールディングス、日系商社などとの出資協議 ・ PUPUK INDONESIA からの出資協議

出所) 調査チームにて作成

8. 今後の海外展開計画案

8.1 海外展開計画の概要

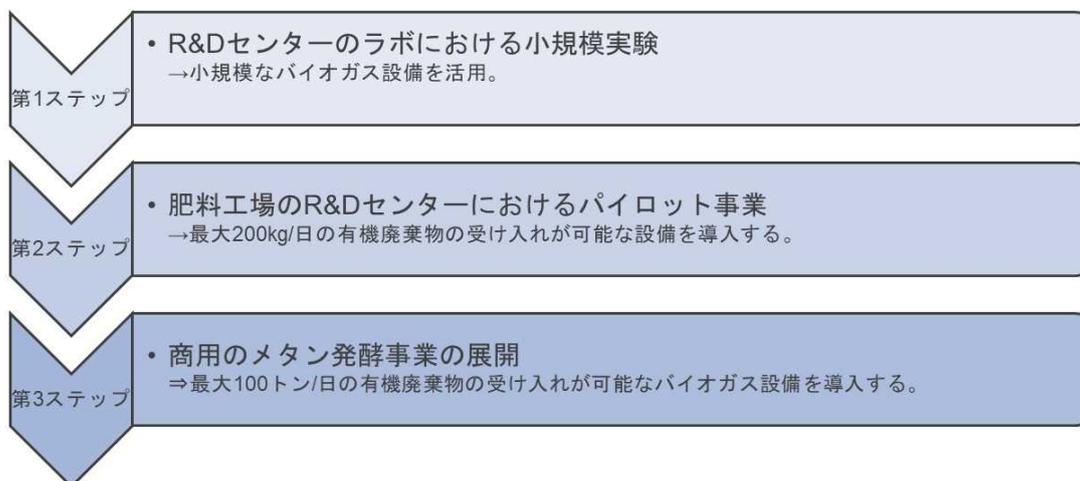


図 8-1 海外展開計画の概要

出所) 調査チームにて作成

今後の海外展開計画については、最終的には提案時に策定した100トン/日のメタン発酵事業を行うことが目標となる。これまでの調査を踏まえると、インドネシアにおけるメタン発酵事業の実績がないことから、PUPUK INDONESIAとの協力による、R&Dセンターにおけるパイロット事業を展開することが必要となる。

また、パイロット事業に先立ち、R&Dセンターの一部として建設されるラボを活用した小規模実験を行うことが必要と考えている。

小規模実験や、R&Dセンターにおけるパイロット事業を展開する上では、インドネシアの学術機関と連携し、メタン発酵技術の検証を進めていく必要もある。

8.2 R&Dセンターのラボにおける小規模実験

第1ステップとして、R&Dセンターのラボにおける小規模実験を実施する必要がある。実験に当たっては、市販されている培養試験機器を用いて、バイオガスの発生量や成分を測定する。また、発酵終了後に培養槽に残った消化液の評価も実施する。

小規模実験に当たっては、バイオエネルギーが主導するが、インドネシアの学術機関等にも参加いただき、同国におけるメタン発酵事業を推進するパートナーとなることを期待したい。ヒアリングによると、西ジャワ州のバンドン工科大学やボゴール農科大学には、メタン発酵や消化液による土壌改良と親和性の高い分野に研究者に参加を要請することは可能である。また、農業省の稲作研究所との協力により、消化液の活用可能性を検証することもできると考えている。

小規模実験の目的については、以下に整理した。

1. 様々な種類の有機廃棄物を投入し、バイオガスの発生量と成分を評価する
2. バイオガスの副産物として発生する消化液を分析し、バイオ肥料及び有機肥料としての評価を行う
3. 以上を踏まえて、200kg/日の有機廃棄物を受け入れる R&D センターにおけるパイロット事業の検討を行う。特に、スラリーの受け入れ可能性を見極めた上で、テストプラントの設計と、運用方針を策定する。

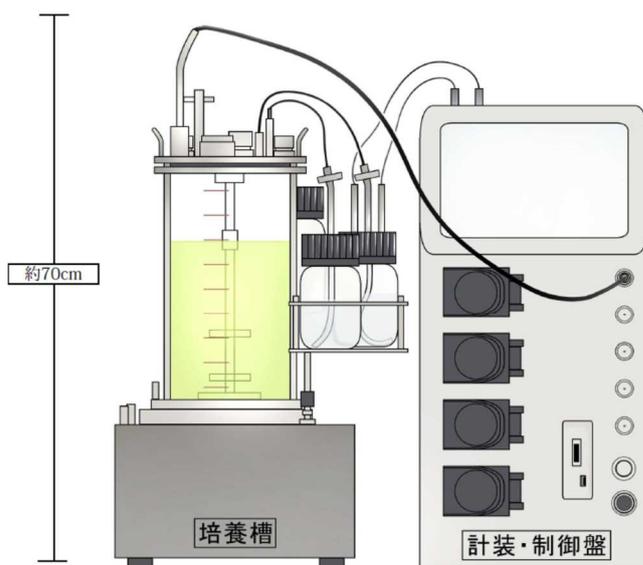


図 8-2 小規模実験で使用する機器のイメージ
出所) 調査チーム作成

8.3 R&D センターにおけるパイロット事業

第 2 ステップとして、200 kg/日の産業系有機廃棄物を受け入れることができるテストプラントを建設し、R&D センターにおけるパイロット事業を実施する。5.3 項にて示した内容が実施項目となる。重複となるが、以下に R&D センターで展開するパイロット事業の実施項目と目的を記載する。

パイロット事業の実施な費用について、ハード設備として 2000 万円程度と見込んでいる。そのほか、研究費用が必要となる。必要な用地は 300m² 程度であり、施肥する田畑も必要となる。既に 4.5ha が R&D センターの用地として確保されており、肥料工場の敷地内には実験用の圃場があり施肥実験に活用することができる。

ラボにおける小規模実験と同様に、パイロット事業についてもインドネシアの学術機関や研究機関等にも参加いただき、同国におけるメタン発酵事業や消化液の活用を推進するパートナーとなることを期待したい。

表 8-1 R&D センターで展開するパイロット事業の実施項目と目的（再掲）

実施項目	目的
<p>1. 受け入れ有機廃棄物の種類に応じたメタン発酵実験と評価 (産業系有機廃棄物、スラリー、スラッジ等)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 様々な種類の廃棄物を投入し、バイオガスの発生量、成分を測定、評価する。 ・ 特に、スラリーやスラッジについては、メタン発酵との親和性を明らかにする。 ・ 生成されたバイオガスを用いて、ガス発電機を稼働させ、電力を R&D センターに供給する
<p>2. 受け入れ有機廃棄物の種類に応じた消化液評価 (産業系有機廃棄物、スラリー、スラッジ等)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ メタン発酵の副産物である消化液について、国が定める有機肥料やバイオ肥料としての適性を評価する。 ・ 複数種類の廃棄物に応じた消化液の評価を行う。
<p>3. 消化液の散布方法の検討</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 稲作においては、用水路への液肥（バイオ肥料）の流し込みによる施肥方法を検討。 ・ 日本で主流の、自走型の散布機器の活用を検討する。 ・ パイプによる散布、手作業による散布についても実践を行い、実現可能性を検討する。
<p>4. 消化液の施肥実験</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2. によって発生する消化液を施肥して、その効果を評価する。 ・ バイオ肥料としては、基準に示された有効性についての検証を行う。 ・ 肥料効果については、「肥料施肥なし」「化学肥料の施肥」「消化液由来の肥料施肥」を行い、収穫量の比較を行う
<p>5. 商業用プラントの設計</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上記を元に、100 トン/日の産業系有機廃棄物を受け入れる、メタン発酵プラントの設計を行う。 ・ 100 トン/日の産業系有機廃棄物の理想的な組成を決定する。特に、スラリーやスラッジの受け入れ量を増やし、事業性を高めることを目指す。 ・ 副産物である消化液の活用方針を策定し、それに適したシステムを設計する。

出所) 調査チームにて作成

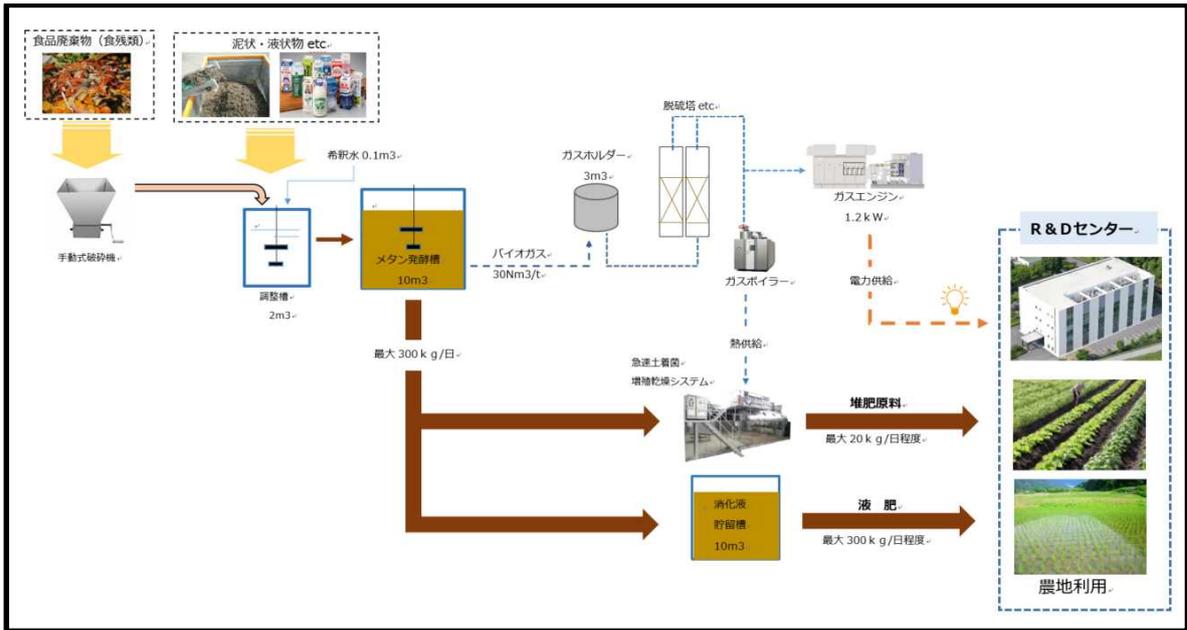


図 8-3 200 kg/日の産業系有機廃棄物を受け入れるテストプラントのフロー図（再掲）
出所）調査チームにて作成

8.4 提案事業の展開

PUPUK KUJANG の R&D センターにおけるパイロット事業を実施しながら、提案事業の実現に向けた準備を進めていく。

これまでの調査結果で示したように、提案事業の実現に向けては、主要なステークホルダーは前向きな評価を示しているものの、解決すべき課題も存在している。しかしながら、R&D センターにおけるパイロット事業を通して、こうした課題を解決し、提案事業は実現可能となると考えている。

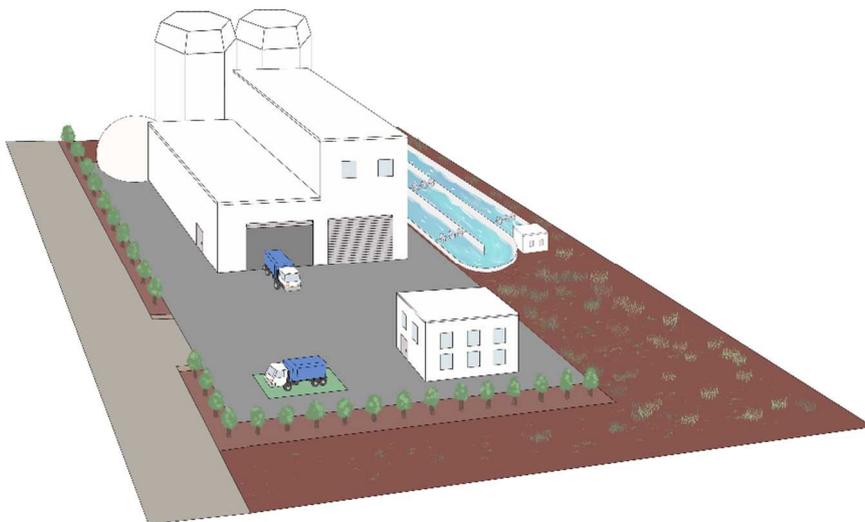


図 8-4 提案事業のイメージパース図（再掲）

出所）調査チームにて作成

8.5 今後のスケジュール

当調査を踏まえた、今後の事業化へ向けたスケジュールを示す。

表 8-2 今後のスケジュール

時期	内容
2021 年度	・ R&D センターの建設に向けた準備
2022~2023 年度	・ R&D センターにおけるパイロット事業 ・ 事業化に向けた準備（許認可、出資協議等）
2024 年度	・ 事業化に向けた準備（許認可、出資協議等）
2025 年度	・ 100 トン/日の有機廃棄物を受け入れ可能なプラントの建設
2026 年度	・ 事業開始

出所) 調査チームにて作成

8.6 結び

バイオエナジーは、2017 年よりインドネシアにおける事業展開を志向し、現地調査を行う等の準備を行ってきた。今回の調査業務によって、メタン発酵事業の実現可能性が高いことが判明し、今後も事業の実現に向けた取り組みを継続させていくことを想定している。

提案事業の実現に向けて、まずは PUPUK INDONESIA の経営陣へのプレゼンテーションを行い、賛同を得ることが肝要と考えている。そのためには、同社のキーパーソンを日本に招き、バイオエナジー城南島工場や、メタン発酵の副産物である消化液を農業に活用している福岡県大木町や、宮城県南三陸町を訪問いただき、提案事業を具体的に理解いただくことが必要と認識している。

今回の調査業務という貴重な機会を活用し、我が国循環産業の海外展開事業化の好例を創出できるよう、今後も取り組みを継続させていきたいと考えている。

別添資料

有機液体肥料の基準値（原文インドネシア語の仮英訳）

I.2. MINIMUM TECHNICAL REQUIREMENTS OF ORGANIC LIQUID FERTILIZER

NO.	PARAMETER	UNIT	QUALITY STANDARDS
1.	C – organic	%	min 6
2.	Follow-up material: (plastic, glass, gravel)	%	max 2
3.	Heavy metal: - As - Hg - Pb - Cd	ppm ppm ppm ppm	max 2,5 max 0,25 max 12,5 max 0,5
4.	pH		4 – 9
5.	Macro nutrients: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	% % %	3 - 6 3 - 6 3 – 6
6.	Microbial contaminants: - E.coli, - Salmonella sp	MPN/ml MPN/ml	max 10 ² max 10 ²
7.	Macro nutrients : - Fe total or - Fe available - Mn - Cu - Zn - B - Co - Mo	ppm ppm ppm ppm ppm ppm ppm ppm	90 - 900 5 - 50 250 - 5000 250 – 5000 250 – 5000 125 – 2500 5 – 20 2 – 10
8.	Another element : - La - Ce	ppm ppm	0 0

土壤改良剤の基準値（原文インドネシア語の仮英訳）

MINIMUM TECHNICAL REQUIREMENTS OF ORGANIC SOIL PLANTS

NO.	PARAMETER	UNIT	QUALITY STANDARDS
1.	C - organic	%	min 15
2.	C/N		25 – 35
3.	Follow-up material: (plastic, glass, gravel)	%	max 2
4.	Water content *)	%	15 – 25
3.	Heavy metal: - As - Hg - Pb - Cd	ppm ppm ppm ppm	max 10 max 1 max 50 max 2
4.	pH		4 – 9
5.	Microbial contaminants: - E.coli, - Salmonella sp	MPN/g MPN/g	max102 max 102
6.	Micro nutrients : - Fe total or - Fe available - Mn - Zn	ppm ppm ppm ppm	max 9000 max 500 max 5000 max 5000
7.	Another element : - La - Ce	ppm ppm	0 0

*) Moisture content on the basis of wet weight

バイオ肥料の基準値（原文インドネシア語の仮英訳）

II.2. MINIMUM TECHNICAL REQUIREMENTS FOR MAJEMUK BIOLOGICAL FERTILIZERS

PARAMETER	QUALITY STANDARD ACCORDING TO TYPES OF CARRIERS			TESTING METHOD
	Flour / Powder	Granules / Pellets	Liquid	
Liquid Total living cells *): a. bacteria	$\geq 10^7$ cfu / g dry weight sample	$\geq 10^7$ cfu/g dry weight sample	$\geq 10^7$ cfu/ml	TPC **)
b. Actinomycetes	$\geq 10^6$ cfu/g dry weight sample	$\geq 10^5$ cfu/g dry weight sample	$\geq 10^6$ cfu/ml	TPC **)
c. Fungi	$\geq 10^5$ propagul/g dry weight sample	$\geq 10^4$ propagul/g dry weight sample	$\geq 10^4$ propagul/ml	TPC **)
Example :				
1. Rhizobium sp + Bacillus sp 2. Azospirillum sp + Pseudomonas sp 3. Azotobacter + Saccharomyces sp + Bacillus 4. Streptomyces + Tricoderma + Bacillus				
Functional :				
a. Fastening N	Positive	Positive	Positive	Free media N
b. Solvent P	Positive	Positive	Positive	Pikovskaya media
c. Fitohormon Producing	>0,0	>0,0	>0,0	Spectrophotometry or HPLC
d. Organic material remodel	Positive	Positive	Positive	Media for CMC / Avicel or agar media Guaiacol / Insulin
Pathogenicity	Negative			Infection into tobacco leaves
Contaminants:: E. coli	max of 10^3 MPN/g or MPN/ml			MPN-durham and test continued on the media E.coli
Salmonella sp	max 10^3 MPN/g or MPN/ml			MPN-durham and further tests on the media <i>Salmonella</i>
Heavy metal ***)				
- Pb	≤ 50 ppm	≤ 50 ppm	≤ 50 ppm	SNI 2803 – 2010
- Cd	≤ 2 ppm	≤ 2 ppm	≤ 2 ppm	
- Hg	≤ 1 ppm	≤ 1 ppm	≤ 1 ppm	
- As	≤ 10 ppm	≤ 10 ppm	≤ 10 ppm	
Water content (%) ****)	≤ 35	≤ 20	-	ADBB

pH	5,0 – 8,0	5,0 – 8,0	3,0 – 8,0	pH H ₂ O, pH – meter
----	-----------	-----------	-----------	---------------------------------

*) It contains at least two types of microbes

**) TPC is performed on a specific medium for the microbe, TPC = Total Plate Count

***) Especially for biological fertilizers with a dose of ≥ 50 kg per ha

****) Moisture content on the basis of wet weight; MPN = Most Probable Number



Contents

Outline

- 1 Introduction of BIOENERGY
- 2 Back ground –Pupuk Indonesia and Pupuk Kujang Cikampek-
- 3 Image of Business

Treatment Flow

- 4 Outline of Biogas facility
- 5 Profile of Organic waste
- 6 Utilization of Biogas
- 7 Utilization of residue (fermented liquid)

Business feasibility

- 8 Precondition [1] Capex and Opex
- 9 Precondition [2] Reveue (Treatment fee & Biogas)
- 10 IRR and payback period

Way forward

- 11 Way forward - 3 steps to develop business-
- 12 [1st step] Laboratory test
- 13 [2nd Step] Pilot project at R&D center

Outline

1 Introduction of BIOENERGY

2 Back ground –Pupuk Indonesia and Pupuk Kujang Cikampek-

3 Image of Business

3

1-1. BIOENERGY -Back ground-

[Business In Japan]

- BIOENERGY is operating Biogas facility which accepts 100tons/day of organic waste from food factories.
- BIOENERGY has been operating the facility since 2003, and one of pioneers in Japan.
- The Biogas facility generates Methane gas, and they utilize the gas to provide 1. heat by gas boiler, 2. electricity by generator and 3. city gas after purification.

[Business in Indonesia]

- Tokyo Metropolitan Government invited BIOENERGY to visit Indonesia, and found huge potential.
- BIOENERGY formulated a team with NTT DATA IMC, and began considering Biogas business in Indonesia.
- Ministry of Environment Japan accepted our proposal and we began a feasibility study in order to make a proposal to Pupuk Indonesia and Pupuk Kujang.



BIOENERGY Corporation

- ◆ Founded: July 2003
- ◆ Capital: JPY490,000,000 (IDR:61,250,000,000)
- ◆ Our Business:
 - Treatment of food waste by methane fermentation
 - Utilization of biogas (electricity and heat generation)
 - Sales of recycled products (electricity, city gas)
 - Consultation and planning on waste
- ◆ Process Capacity:
 - Solid waste 125 t/day/Liquid waste 5 t/day
- ◆ Power supply: 26,880kWh/day
- ◆ Gas supply: 2,400m³/day
- ◆ Hour of operation: 24 hours/day
- ◆ Start of operation: April 1, 2006

4

1-2. BIOENERGY –Technology, process flow of Biogas -

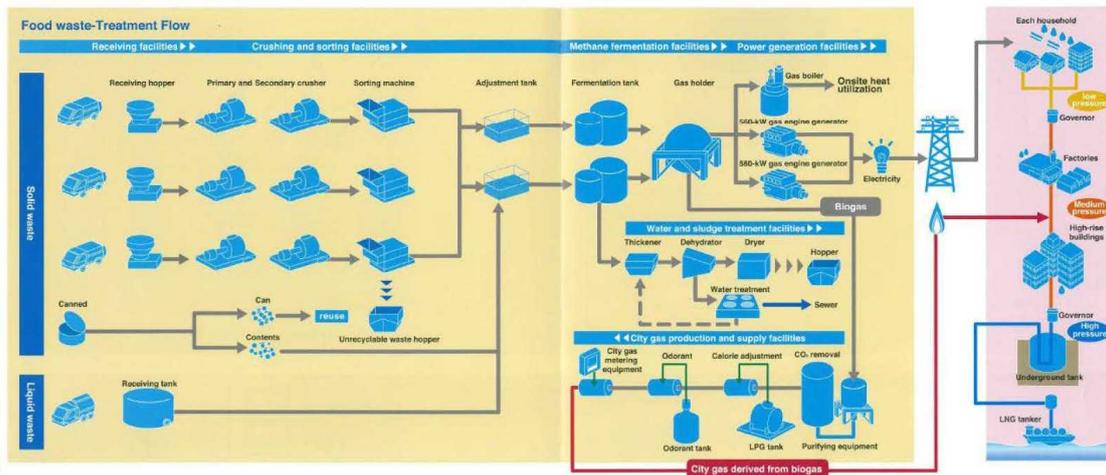
- Regarding the liquidized residue after the fermentation, BIOENERGY dispose to sewage after treatment, because agriculture zone is far from Tokyo.
- In Indonesia, we can utilize the residue as organic liquid fertilizer.

BIOENERGY is the first facility in Japan to produce both electricity and city gas from waste

BIOENERGY adopted a methane fermentation system in conformity with the Food Recycling Act and succeeded in recycling food waste into electricity and city gas. Since then BIOENERGY has been performing excellent business that excels in the reduction of greenhouse gas.

Energy created from 100 tons of garbage per day.

Power energy	26,880 kWh/day	(equivalent to 2,600 households)
Gas supply	2,400 m ³ /day	(equivalent to 2,000 households)
Heat recovery	100,700 MJ/day	(equivalent to 1,300 households)
CO ₂ reductions	7,060 tons/year	(equivalent to the amount absorbed by 921-ha forests, i.e., area)



5

2 Back ground –Pupuk Indonesia and Pupuk Kujang-

[Demands of Organic Waste]

- Pupuk Indonesia (PI) accepted mandates from Government;
 1. Improvement of Agricultural productivity by introducing organic fertilizer
 2. Increasing production of organic fertilizer (currently 700,000 ton / yea).
- Mr. Saragih, the commissioner of PI visited Japan in 2016, and we introduced various technology to utilize organic waste for producing organic fertilizer.
- And we introduced ideas to utilize organic waste from food factories in West Java, and generate energy and organic fertilizer.

[GHG reduction, Energy efficiency]

- Biogas facility will contribute to “Clean Production Concepts” of PI and PKC.
- If PI and PKC introduce Biogas facility, you can utilize biogas (mostly Methane) which alternate Natural gas.
- And utilized Biogas (Methane) contributes to huge amount of GHG reduction.
e.g.) Biogas facility with 100t/day process capacity will reduce 59,000tons CO₂/year

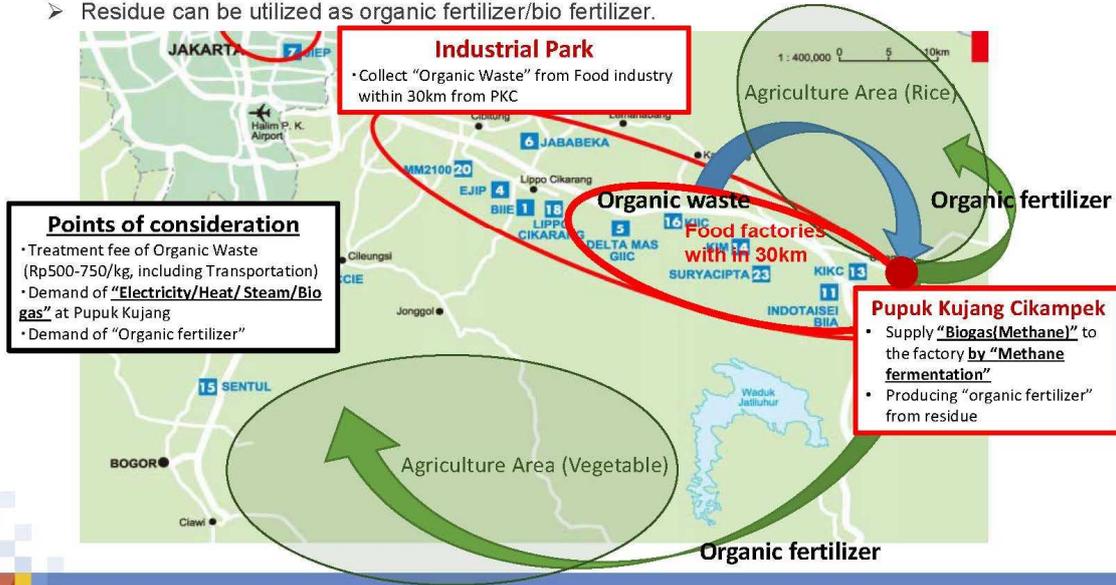
[Utilization of residue]

- In addition, PI and PKC could utilize the residue of Biogas as organic liquid fertilizer.
- Organic liquid fertilizer will contribute to meet the mandate from Government.
- Some local Regency/town in Japan is using residue of Biogas facility as organic fertilizer.

6

3-1 Image of Business -Geography-

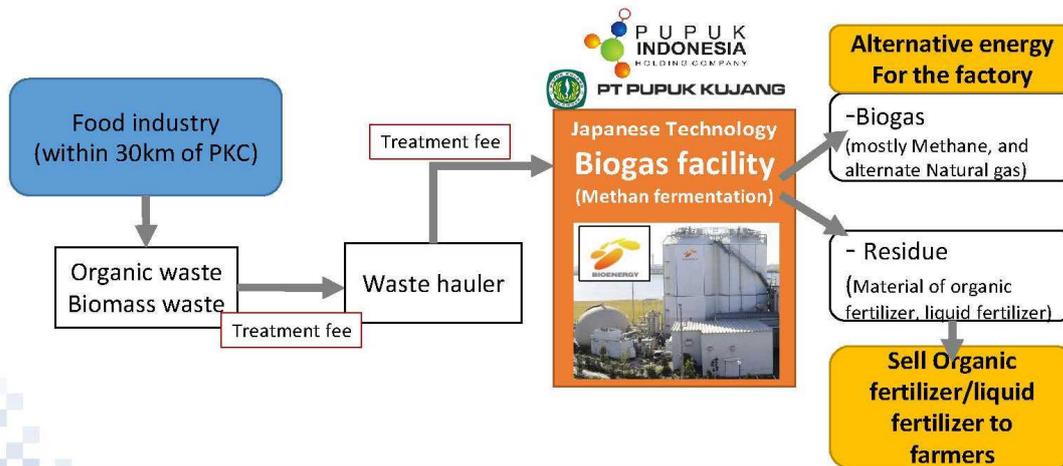
- We collect organic waste from food factories within 30km from PKC.
- The Facility at PKC generates Biogas (mostly Methane) to alternate Natural gas.
- Residue can be utilized as organic fertilizer/bio fertilizer.



7

3-2 Image of Business -Flow of material-

- Biogas facility will accept 100 tons/day of organic waste from food industries.
- The revenues are as follows;
 1. Treatment fee from Food industries via Waste hauler (net revenue will be Rp250/kg)
 2. Biogas which alternate Natural gas



8

3-3 Image of Business -Business model-

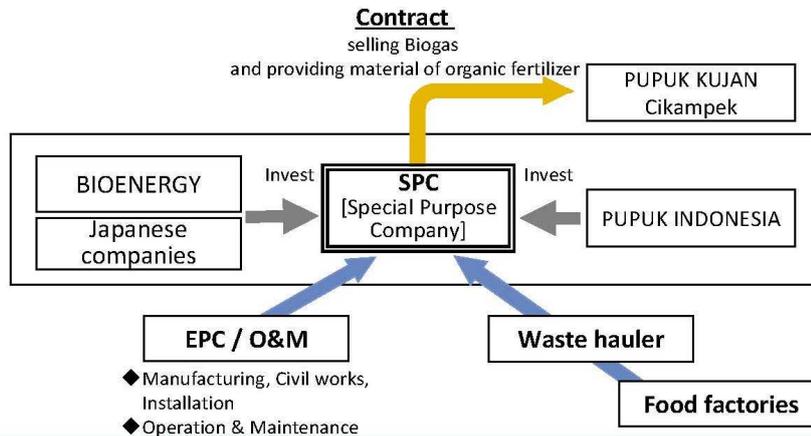
➤ There are some options of Business mode

1. BT

:BIOENERGY will "Built" and "Transfer" the Biogas facility to PI or PKC.
And PI and PKC will "Own" and "Operate" the facility.

2. BOO (please see the chart below)

:SPC will "Built", "Own" and "Operate" the Biogas facility. *Please see chart below



9

Treatment Flow

4 Outline of Biogas facility

5 Profile of Organic waste

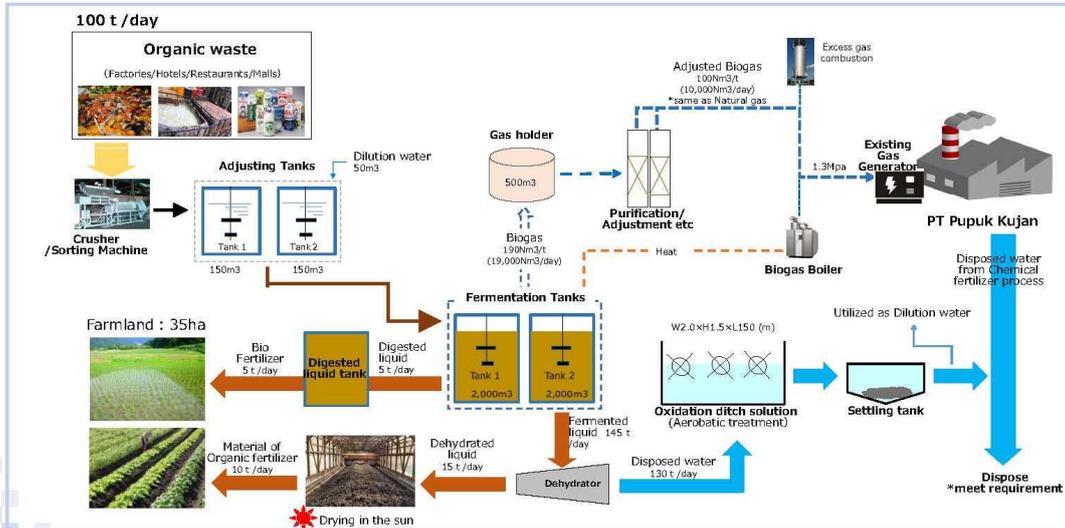
6 Utilization of Biogas

7 Utilization of residue (fermented liquid)

10

4 Outline of Biogas facility

- The figure below shows the treatment flow of biogas facility.
- The facility will accept 100t/day of organic waste.
- The required site area is 6,500m² (0.65ha)



11

5 Profile of Organic waste

- The table below shows the profile of 300ton/day of organic waste.
- We considered the ideal profile/composition of 100ton/day out of 300t/day of organic waste.
- With this profile, we can develop a biogas facility for 100t/day of organic waste with almost same composition in Japan.

Profile of organic waste (300t/day)

Origin	Type of Organic Waste
Milk (Factory/storage)	Rejected product
	Slurry
	Sludge
Icecream Factory	Rejected
	Slurry
Biscuit Factory	Slurry
	Sludge
Food and Beverage Factory	Rejected product
	Sludge
Hotel/Restaurant	Kitchen Waste
Super market/mall	Kitchen Waste etc
Total	300ton/day

12

6 Utilization of Biogas

- Regarding the biogas from facility, we will adjust the composition in order to meet the requirement of PKC.
- In Japan, Bioenergy has been supplying biogas to Tokyo Gas utility network after adjusting the composition to meet their requirement since 2010.

Composition of Natural gas at PKC

Component	% mol (Dry Basis)	
	Design	Actual
O ₂	0	0
H ₂	0.3	0
N ₂	1.92	4.55
CH ₄	92.89	83.12
Ar	0.02	0
CO	0	0
CO ₂	1.5	5.17
C ₂ H ₆	2.38	2.85
C ₃ H ₈	0.61	2.37
C ₄ H ₁₀	0.25	1.14
C ₅ H ₁₂ +	0.13	0.8
TOTAL	100	100

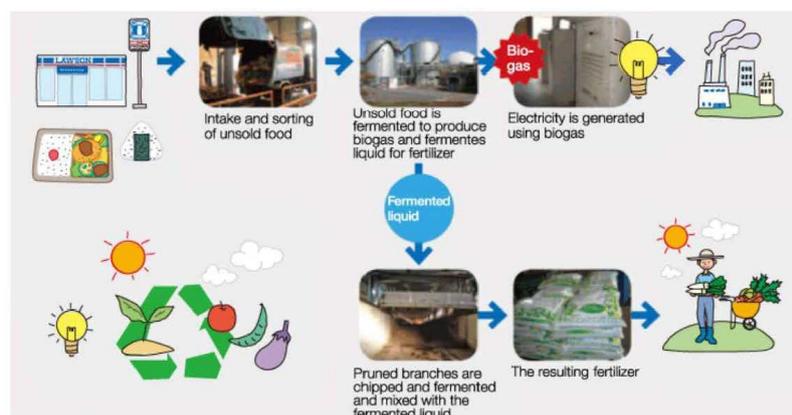
Facility for Adjustment of biogas in Japan



13

7-1 Utilization of Residue in Japan

- In Japan, the residue of biogas facility (fermented liquid) is utilized as “organic liquid fertilizer (PUPUK CAIR ORGANIK)” and “organic compost (PEMBENAH TANAH ORGANIK)”.
- As we showed the treatment flow, we would like to utilize the residue of biogas facility (fermented liquid) as “organic liquid fertilizer (PUPUK CAIR ORGANIK)” and “material of organic compost (PEMBENAH TANAH ORGANIK)” in Indonesia as well.



14

7-2 Utilization of Residue as Bio fertilizer (PUPUK HAYATI MAJEMUK)

- We examined the residue (fermented liquid) generated in Japan, and the table at right hand shows the profile of “bacteria”, “Actinomycetes” and “Fungi” in residue (digested liquid).
- The parameter of residue (fermented liquid) generated in Japan meet the requirements of Ministry of Agriculture in Indonesia for Bio fertilizer (PUPUK HAYATI MAJEMUK).

Parameters of residue generated in Japan

STANDAR MINIMUM UMUR HAYATI MAJEMUK		SISTEM PERUSAHAAN		METODE FERMENTASI	
1. Jumlah mikroorganisme	10 ⁸ - 10 ¹⁰ per gram				
2. Jumlah bakteri	10 ⁷ - 10 ⁹ per gram				
3. Jumlah Actinomycetes	10 ⁷ - 10 ⁹ per gram				
4. Jumlah Fungi	10 ⁷ - 10 ⁹ per gram				

meet the requirements



7-3 Utilization of Residue as “Organic liquid fertilizer”

- Although we would like to utilize the residue (fermented liquid) as “Bio fertilizer (PUPUK HAYATI MAJEMUK)”, the residue has functions to provide Nitrogen, and alternate usage of chemical fertilizer as well.
- The table below shows the comparison of “Residue (fermented liquid)”, “Chemical fertilizer” and “No nitrogen”.
- If we provide same amount of Nitrogen to the rice fields, the amount of crop is same.
- In order to provide same amount of Nitrogen as chemical fertilizer by Residue (digested liquid), we have to feed huge amount of residue to rice field.
* Amount of Nitrogen in Residue (digested liquid) is 1,640mg/Litter.

Comparison of “Residue (digested liquid)”, “Chemical fertilizer” and “No nitrogen” in Japan

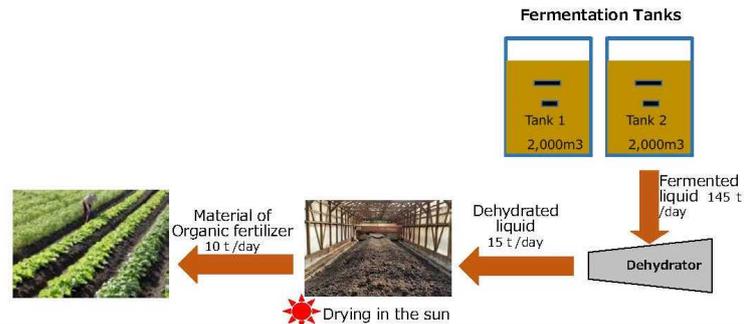
Experimental plot	2006				2007			
	Weight of crop	Total nitrogen of brow rice	intake amount of nitrogen	Resistance to lodging	Weight of crop	Total nitrogen of brow rice	intake amount of nitrogen	Resistance to lodging
	kg/10a	%	kg/10a		kg/10a	%	kg/10a	
1.3 times the amount of A	534	1.23	10.2	1.8	616	1.20	10.9	1.6
Fermentated liquid (A)	507	1.09	9.4	1.2	542	1.16	8.9	0.8
Chemical fertilizer	510	1.09	9.2	0.8	556	1.19	9.3	0.9
No nitrogen	241	1.03	4.5	0.6	259	1.11	5.8	0.8

ref) Experimental farm in Tochigi

7-4 Utilization of Residue as “Organic solid fertilizer”

- A biogas facility which accepts 100t/day of organic waste will generate 100t/day of residue (fermented liquid).
- And we also have to consider utilizing residue as material of “Organic solid fertilizer”.
- After dehydration process, we sell the dehydrated residue to factories of “Organic solid fertilizer” as a material .
- At the factories, they utilize the dehydrated residue to add their production. The dehydrated residue will have same function as Cow/Chicken dung.

Image of providing the dehydrated residue to factories of “Organic solid fertilizer”



17

Business feasibility

8 Precondition [1] CAPEX and OPEX

9 Precondition [2] Revenue (treatment fee & Biogas)

10 IRR and payback period

18

8 Precondition [1] CAPEX and OPEX

- Based upon the treatment flow, we estimated CAPEX and OPEX

CAPEX : 125,000 Million Rupiah (Approx.)

OPEX : 5,562 Million Rupiah/year

CAPEX	CAPEX	Rp.125,000 Million
Facility of Biogas		Approx. Rp.100,000 Million
Civil work	25% of Facility	Approx. RP. 25,000 Million

OPEX	OPEX/year total	Rp. 5,562 Million
*without Depreciation		
Labour	30persons*6.24Mil Rp/Month*12	Rp.2,250 Million
Land		RP. 0 Million
Electricity consumption	792,000kWh*1,000Rp/kWh	Rp.792 Million
Water consumption	50m3/day*625Rp/m3	Rp.10 Million
Residue treatment (sewage)		Rp.0 Million
Unorganic waste treatment	4,290t/year(13% of Input) *250,000Rp/ t	Rp.1,073 Million
Sewage		Rp. 0 Million
O&M of facility		Rp.625 Million
Expendables		Rp.750 Million
Lease(office supply/vehicle)		Rp.63 Million

19

9 Precondition [2] Revenue (Treatment fee & Biogas)

- We assume that the revenue is as follows;
 1. Treatment fee from Food factories : Rp. 12,375 Million/year
 2. Selling biogas to PKC : Rp. 14,891 Million/year
(alternate Natural gas for generators)
- We will supply residue for free.

Revenue	Revenue/year total	Rp. 27,266 Million
Treatment fee	100t/day of organic waste *375 Rp/Kg*330days	Rp. 12,375 Million
Selling biogas	9,500Nm3/day *4,750Rp/m3*330days	RP. 14,891 Million

20

10-1 IRR and payback period

- The table below shows IRR (20 years) and Payback period.
 1. IRR (20 years) : 12.6% Treatment fee from Food factories :
 2. Pay back period :7.2 years

CAPEX		Rp.125,000 Million
Annual OPEX		Rp. 5,562 Million
Annual Revenue		Rp. 27,266 Million
Annual Profit	Annual Revenue - Annual OPEX	Rp. 21,704 Million
IRR (20year)		16.2%
Pay Back period		5.9 years

21

10-2 IRR and payback period -Sensitive analysis-

- The table below shows Sensitive analysis of IRR (20 years) and pay back period.
- The parameters are "Initial Cost" and "Price of Natural gas".
- We set the hurdle rate of IRR as 15%.
- We will consider the initial cost based upon the price forecast of Natural gas.

IRR (20years) Pay back period		Price of Biogas ✕ Treatment fee is Rp.375/kg							
		Rp.3,000/m ³ Rp.75,000/MMBtu	Rp.3,250/m ³ Rp.81,250/MMBtu	Rp.3,500/m ³ Rp.87,500/MMBtu	Rp.3,750/m ³ Rp.93,750/MMBtu	Rp.4,000/m ³ Rp.100,000/MMBtu	Rp.4,250/m ³ Rp.106,250/MMBtu	Rp.4,500/m ³ Rp.112,500/MMBtu	Rp.4,750/m ³ Rp.118,750/MMBtu
Initial cost (Mil Rp.)	Rp.100,000 Mil	14.89% 6.3years	15.75% 6.0years	16.61% 5.8years	17.46% 5.5years	18.30% 5.3years	19.13% 5.1years	19.96% 4.9years	20.78% 4.7years
	Rp.105,000 Mil	14.04% 6.6years	14.88% 6.3years	15.70% 6.0years	16.52% 5.8years	17.33% 5.6years	18.13% 5.3years	18.93% 5.1years	19.72% 5.0years
	Rp.110,000 Mil	13.26% 6.9years	14.07% 6.6years	14.87% 6.3years	15.66% 6.1years	16.44% 5.8years	17.21% 5.6years	17.98% 5.4years	18.74% 5.2years
	Rp.115,000 Mil	12.53% 7.2years	13.32% 6.9years	14.09% 6.6years	14.86% 6.3years	15.61% 6.1years	16.36% 5.8years	17.10% 5.6years	17.84% 5.4years
	Rp.120,000 Mil	11.86% 7.6years	12.62% 7.2years	13.37% 6.9years	14.12% 6.6years	14.85% 6.3years	15.57% 6.1years	16.29% 5.9years	17.00% 5.6years
	Rp.125,000 Mil	11.23% 7.9years	11.97% 7.5years	12.70% 7.2years	13.42% 6.9years	14.14% 6.6years	14.84% 6.3years	15.54% 6.1years	16.23% 5.9years
	Rp.130,000 Mil	10.64% 8.2years	11.36% 7.8years	12.08% 7.4years	12.78% 7.1years	13.47% 6.8years	14.16% 6.6years	14.83% 6.3years	15.51% 6.1years
	Rp.135,000 Mil	10.09% 8.5years	10.79% 8.1years	11.49% 7.7years	12.17% 7.4years	12.85% 7.1years	13.52% 6.8years	14.18% 6.6years	14.83% 6.3years
	Rp.140,000 Mil	9.57% 8.8years	10.26% 8.4years	10.94% 8.0years	11.60% 7.7years	12.26% 7.4years	12.91% 7.1years	13.56% 6.8years	14.19% 6.6years
	Rp.145,000 Mil	9.07% 9.1years	9.75% 8.7years	10.41% 8.3years	11.07% 7.9years	11.71% 7.6years	12.35% 7.3years	12.97% 7.0years	13.59% 6.8years

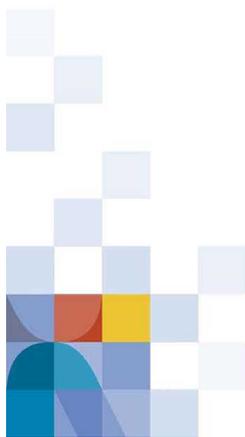
22

Way forward

11 Way forward - 3 steps to develop business-

12 [1st step] Laboratory test

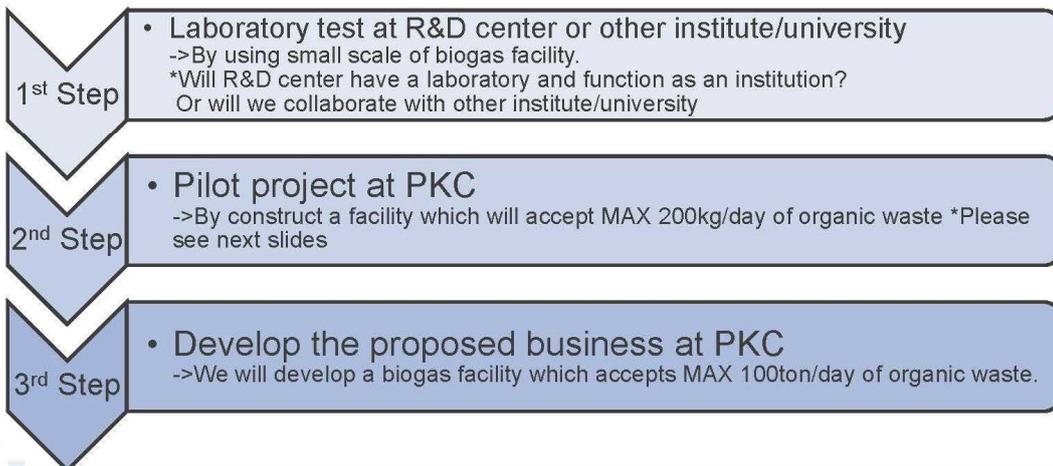
13 [2nd Step] Pilot project at R&D center



23

11 Way forward - 3 steps to develop business-

- In order to develop the proposed project as business, we need 2 steps so that to evaluate following items.
 - [1] Quality and quantity of biogas from various type of organic wastes
 - [2] Effect of fertilizer from residue (fermented liquid) generated as byproduct of biogas
- 1st and 2nd Step take 2 or 3 years from 2021.

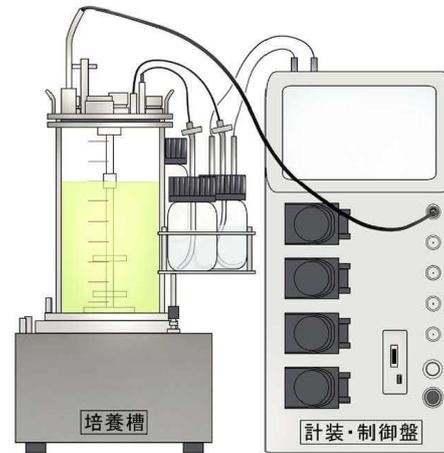


24

12 [1st step] Laboratory test

- Before develop facility at PKC, we would like to conduct a laboratory test.
- We will use a small kit for biogas at an existing laboratory.
e.g.) Institution/laboratory of Pupuk Indonesia, Universities(ITB, IPB etc), BPPT etc
- We will test various type of organic waste in order to conduct 3 items as follows;
 - [1] To evaluate quality and quantity of biogas from various type of organic wastes
 - [2] To evaluate effect of fertilizer from residue (fermented liquid) generated
 - [3] To design a pilot facility at PKC which will accept 200kg/day of organic waste.

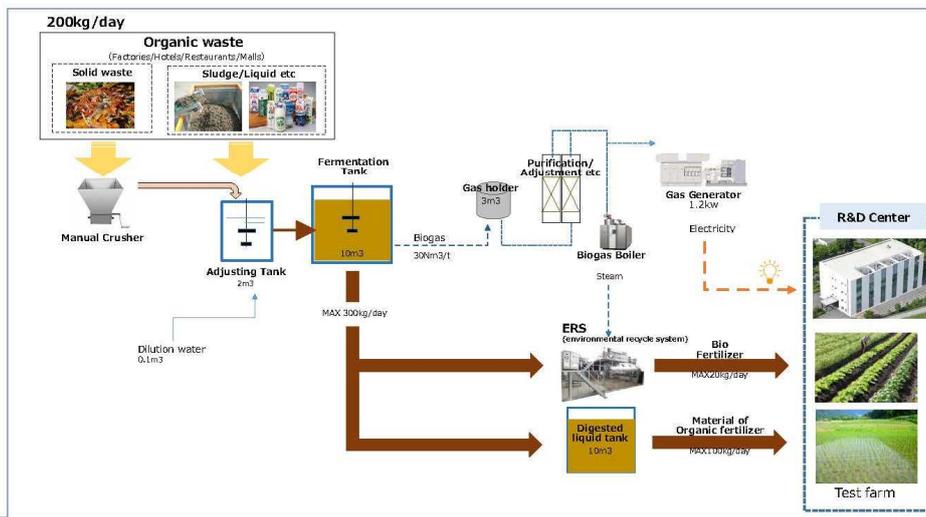
Image of biogas kit for laboratory test



25

13-1 [2nd Step] Pilot project at R&D center

- Based upon the 1st step “Laboratory test”, we would like to construct a pilot facility at PKC which will accept 200kg/day of organic waste.
- Site area is around 300m², and test farm is 1ha.
- Construction cost will be around Rp.3,000 Million.



26

13-2 [2nd Step] Scope of R&D

➤ The scope of research and development will be as follows;

1. To evaluate quality and quantity of biogas with various organic waste
-> we will test Food waste, Rejected products, Slurry (liquid), Sludge
2. To consider how to feed liquid/solid fertilizer/compost to rice fields/vegetable farms
-> we will consider specific method such as piping/ mobile designed for feeding etc.
3. To evaluate liquid/solid fertilizer/compost at rice fields/vegetable farms
-> we will evaluate various liquid/solid fertilizer/compost from different types of organic waste.
-> the evaluation include the improvement of soil by liquid/solid fertilizer/compost.
4. To establish ideal flow for actual business
-> Based upon the result of the pilot project, we will consider the ideal flow of biogas facility as a business.
-> We will promote the technology and business model to stake holders to establish business which will accept 100t/day of organic waste.